كيف تتكوّن

النجوم والمجرّات



أكاديميا

النجوم والمجرّات

أكاديميا هي العلامة التجارية لأكاديميا إنترناشيونال للنشر والطباعة

ACADEMIA is the Trade Mark of Academia International
for Publishing and Printing

النجوم والمجرات

ISBN: 9953-3-0105-0

Authorized translation from the Spanish language edition:

Las estrellas

الناشر

Academia International أكاديميا إنترناشيونال
P.O.Box 113 - 6669 ص.ب.
Beirut, 1103 2140 Lebanon بيروت، لبنان
Tel (961 1) 800811-862905 هاتف
Fax (961 1) 805478 فاكس
E-mail academia@dm.net.lb بريد إلكتروني

Our Web site www.academiainternational.com موقعنا على الوب
www.dar-alkitab-alarabi.com

كيف تتكوّن

النجوم والمجرّات



تأليف: أندريو لاماس
رسوم : علي غاروسي
ترجمة : ألفيرا نصور



أصل الكون: الانفجار العظيم

هل تساءَلتَ يومًا عن كيفيّةِ نُشوءِ الكون؟ لقد فكَّرَ العُلماءُ بهذه المسألةِ على مدى قرون. ويَعتقِدُ مُعظمُهم اليوم أنّ كلَّ شيءٍ بدأَ منذ 15 أو 20 بليون (مليار) سنة تقريبًا. فالكونُ الذي نَعرِفُه اليومَ تكوَّنَ في انفجار هائل يُعرَف باسمِ الانفجار العظيم.

قبل هذا الانفجار، كانت مادّةُ الكونِ وطاقتُه مجتمعةً ومتركّزةً في كتلةٍ صغيرةٍ جدًا تسودُها درجةُ حرارةٍ بالغةِ الارتفاع تصل إلى ملايين الدرجات المئويّة. وعند حدوث الانفجار، تمدَّد الكونُ في جميع الاتجاهات بسُرعةٍ كبيرة جدًا، وهو مستمرٌّ في توسُّعِه إلى يومنا هذا.

قد يكونُ ذلك مثيرًا للدَهْشَة، لكنّ كلّ ما نراهُ اليوم من الكون هو في الواقع بقايا ذلك الانفجار البعيد.

مع مرور الزمن، يتّسع الكون ويكبُر بفعل ابتعاد المجرّات بسُرعةٍ كبيرة. ولتفسير هذه الظاهرة، يستعمل العلماء نظرية الانفجار العظيم.

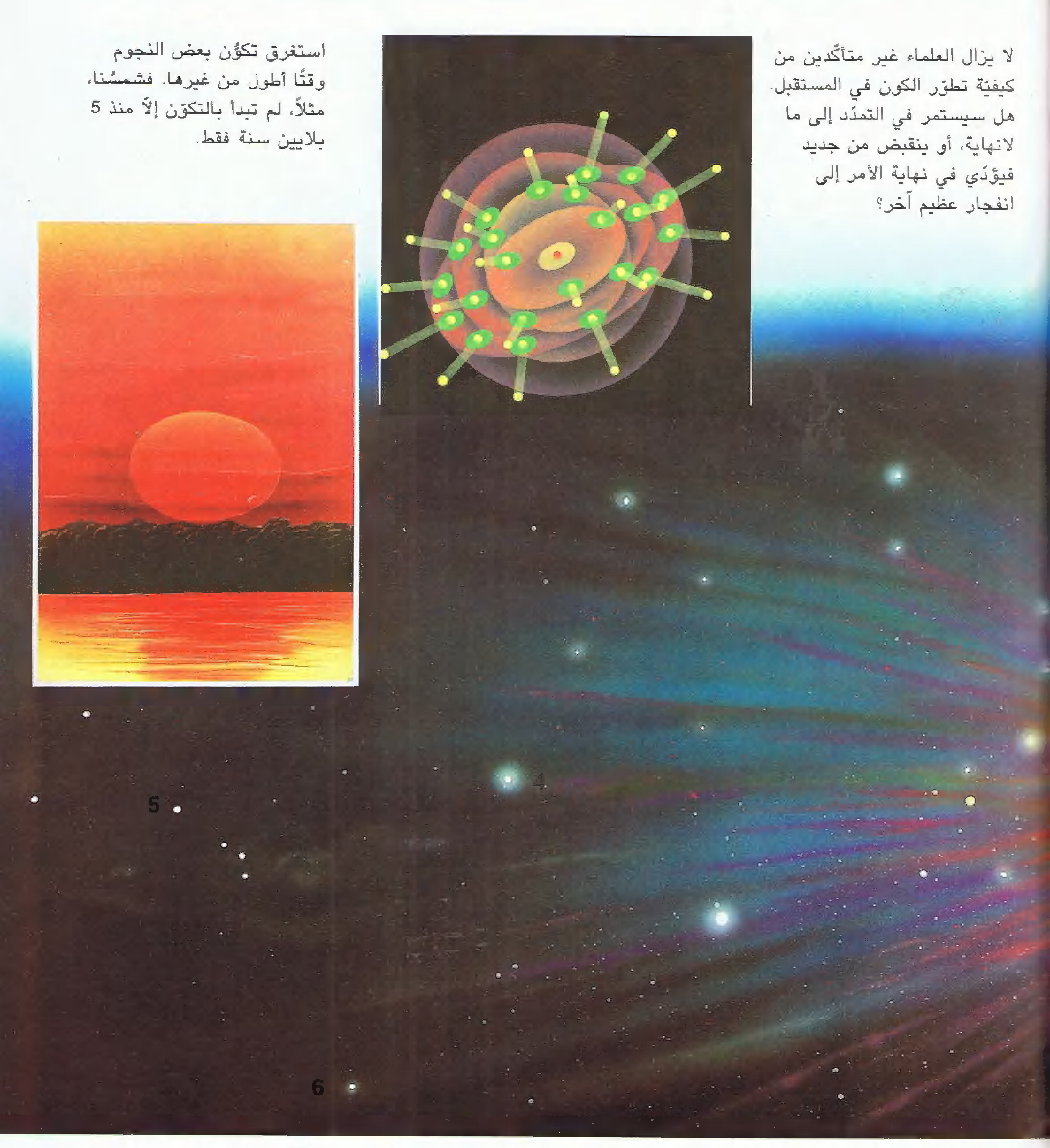
1 في البدء، كانت كلُّ مادةِ الكون وطاقتُه مجتمعةً ومتركزةً في كتلة صغيرة جدًا.

2 كانت حرارة الكتلة شديدة الارتفاع (ملايين ملايين الدرجات المئويّة).

3 ثم حدث انفجار هائل.

لا يزال العلماء غير متأكّدين من كيفيّة تطوّر الكون في المستقبل. هل سيستمر في التمدّد إلى ما لانهاية، أو ينقبض من جديد فيؤدّي في نهاية الأمر إلى انفجار عظيم آخر؟

استغرق تكوُّن بعض النجوم وقتًا أطول من غيرها. فشمسُنا، مثلاً، لم تبدأ بالتكوّن إلاّ منذ 5 بلايين سنة فقط.



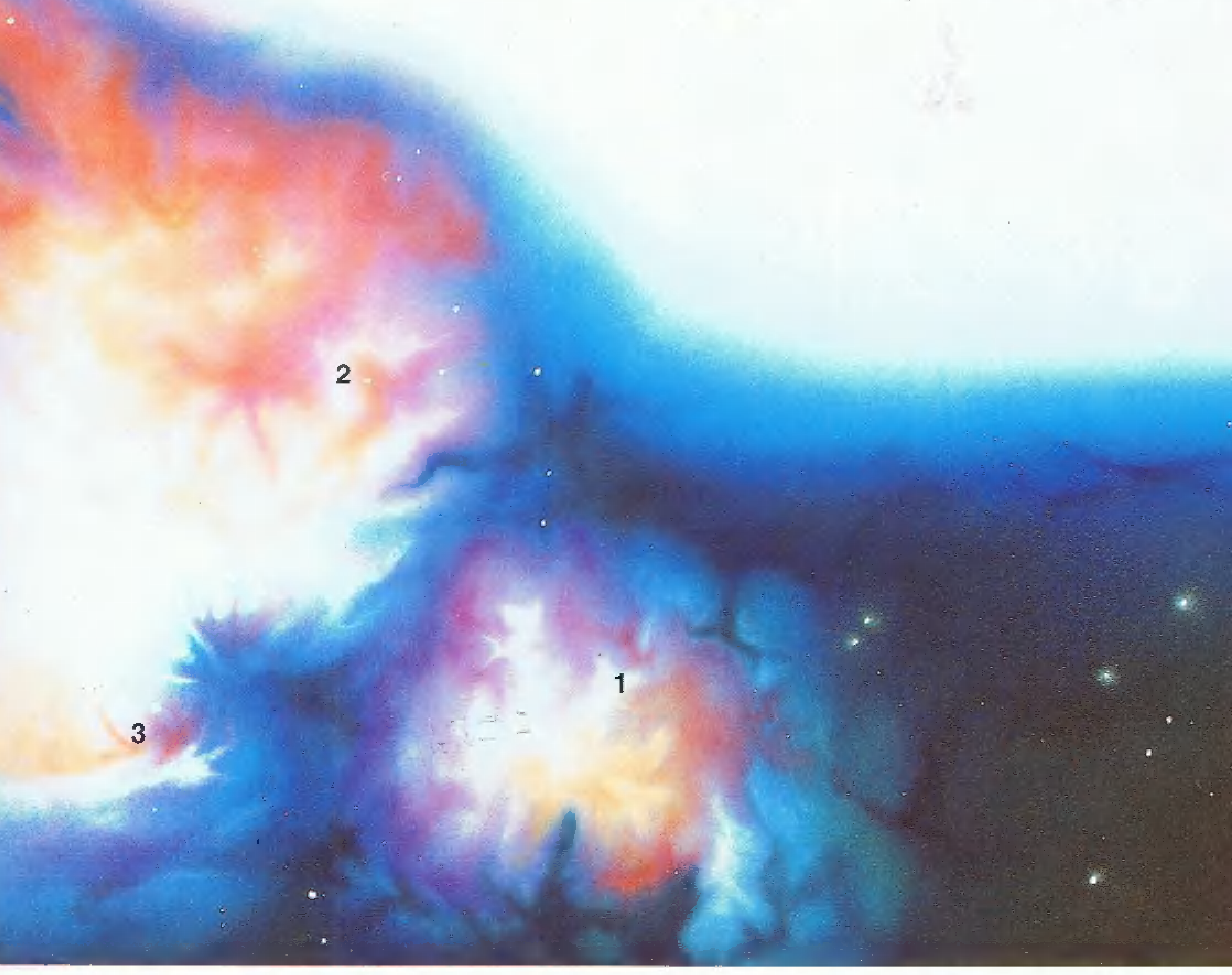
4 تشكّلت، بفعل الانفجار، غيوم ضخمة من الهيدروجين والهِليوم.

5 بدأت هذه الغيوم بالانقسام إلى أجزاء أصغر حجمًا نشأت منها المجرّات.

6 بدأت بلايين النجوم تظهر في المجرات.

الغيوم السديميّة العملاقة

أين تتكوّن النجوم؟ تولَد النجوم داخل غُيومٍ سَدِيميَّةٍ عملاقةٍ، وهي سُحُبٌ هائلة من الغاز والغبار. ولهذه الغيوم الغازيّة الضخمة قوّةٌ جاذبيّة معيَّنة وهي تدور حول مِحْوَرِها. ومع مرور الوقت، تتسبّب جاذبيّة الغيوم بتزايد تركيزها وارتفاع سرعة دورانها. وعندما تبدأُ الغيومُ بالتقلُّص، تتقلّص معها المادّةُ التي تحتويها، ما يؤدّي إلى ارتفاع حرارتها. ويتسبّب هذا الارتفاع السريع والهائل في درجات الحرارة بحدوث سلسلة من التفاعلات في مركز الغيمة تؤدّي بدورها إلى تكوُّن النجم. فإذا كانت كُتلةُ النجمِ كبيرةً بما فيه الكفاية منذ البداية، يكون النجمُ المتشكِّلُ حارًّا وأزرق أو أبيض اللون. أمّا إذا كانت كُتلتُهُ صغيرةً نسبيًا، يكون النجمُ المتولِّدُ أقلَّ حرارةٍ وأصفر أو أحمر اللون.



تعتَبَر كتلُ المادَّة التي ترتحِلُ عبر الفضاء بشكل غيومٍ من الغاز والغبار أحدَ أكبر أسرار الكون، ويطلَق على هذه الكتل اسم الغيوم السديميَّة (أو السُّدُم)، وهي بالغة الأهميّة إذ أن نجومًا جديدة لاتزال تتكوّن منها، مثل السديمَ العظيم في كَوْكَبَةِ الجبّار.

1 تشكِّل غيوم الغازِ والغبار الكوني المادة الأوليّة التي تولد منها النجوم.

إن كثافةَ المادَّةِ التي تؤلِّفُ السديم ضئيلةٌ جدًا، فهي لا تتجاوز ذرَّةً واحدةً في السنتيمتر المكعَّب!



تظهر الغيوم السديميّةُ بأشكالٍ مختلفة. لاحِظ شكلَ السديم في كوكبة النَّسْر الواقِع (أ)؛ قارِنه بسديم رأس الحصان (ب).

2 يتألَّف السديم بشكل رئيسي من الهيدروجين.

3 نتيجةً لدوران الغيمة، تبدأ قوّة الجاذبية بجذب الجسيمات بعضها إلى بعض، ما يؤدّي إلى تشكيل كُتَلٍ متزايدة الحجم.

4 مع ازدياد حجم الكتل، ترتفع درجات الحرارة الداخليّة.

ولادة النجم الأوَّلي

إن تكوُّنَ النجومِ ليس سهلاً على الإطلاق، فَالغيمةُ الغازيَّةُ تَحتاج إلى ملايين السنين كي تتكاثفَ بالدرجةِ المطلوبة.

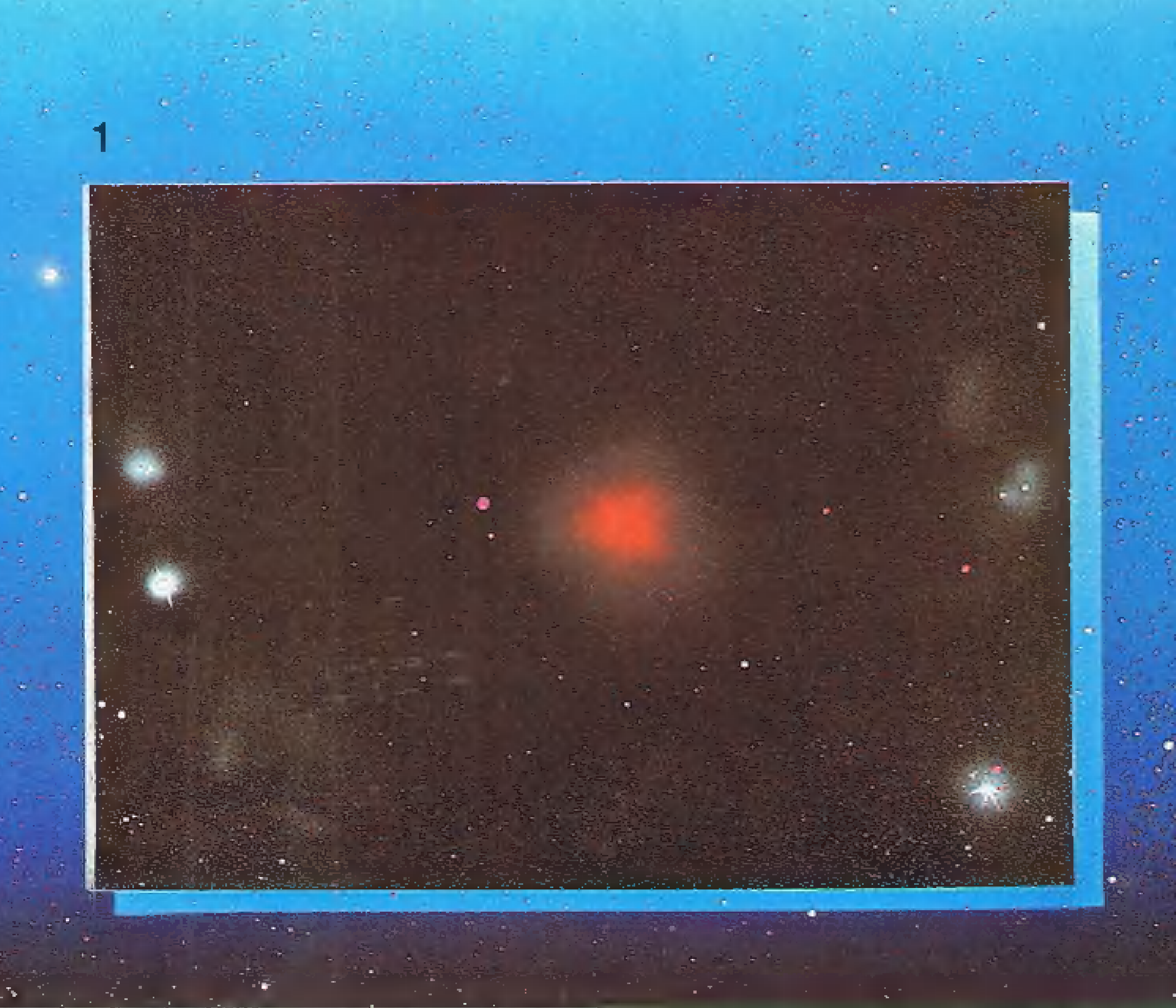
وخلال هذه المدَّة، تزيدُ كثافةُ الغيمةِ ودرجةُ حرارتها إلى حدٍّ بعيد، خاصةً في المنطقةِ المركزيّة.

وعندما يُصبحُ السديمُ، أو جزءٌ منه، شديدَ التركُّز بحيث ينفصل لتشكيل كُرَةٍ من الغازات الفائقة الحرارة، نقول إن نجمًا أوّليًا قد وُلِد.

بعدما يتكوَّنُ النجم الأوّلي، يبقى مستقرًا لعدّة ملايين من السنين.

وتتمثَّلُ العمليَّةُ الرئيسيَّةُ التي تجري خلال تلك الفترة بالتقلُّص الجاذبي، أي أنَّ المادّة «تسقُطُ» باتجاه المركز لأن الجاذبية تجذِبُ جميع العناصر ذات الكتلة بعضها إلى البعض. وفي هذه الحركة التي تجري باتجاه المركز، يُطلَقُ قِسْمٌ من الطاقةِ على شكل حرارة، فترتفع درجةُ الحرارة في مركز النجم الأوّلي.

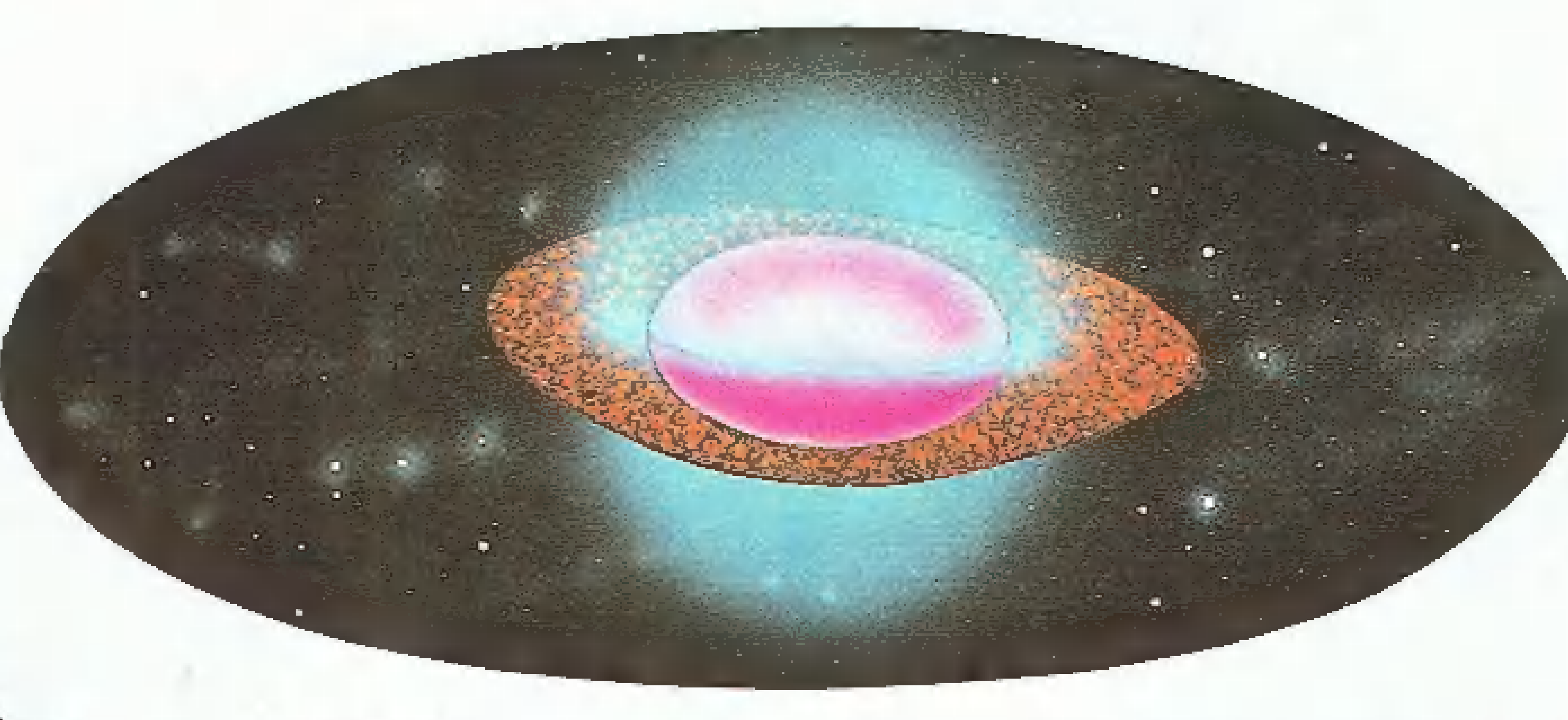
1



يمكن للغيمة السديميّة أن تتركَّزَ حول نواةِ تكثُّفٍ واحدة أو أكثر تعطي كل منها نجمًا أوّليًا. وتجدر الإشارة إلى أن حجمَ النجمِ الأوّلي يفوق بكثير حجمِ النِظام الشمسي بكامله، وأنَّ درجةَ حرارتِه تبقى منخفضةً نسبيًا.

1 يزيد تكاثف المادة في الغيمة كلّما اقتربت من المركز. أثناء اقتراب المادة نحو المركز، يطلَق قسم من الطاقة على شكل حرارة.

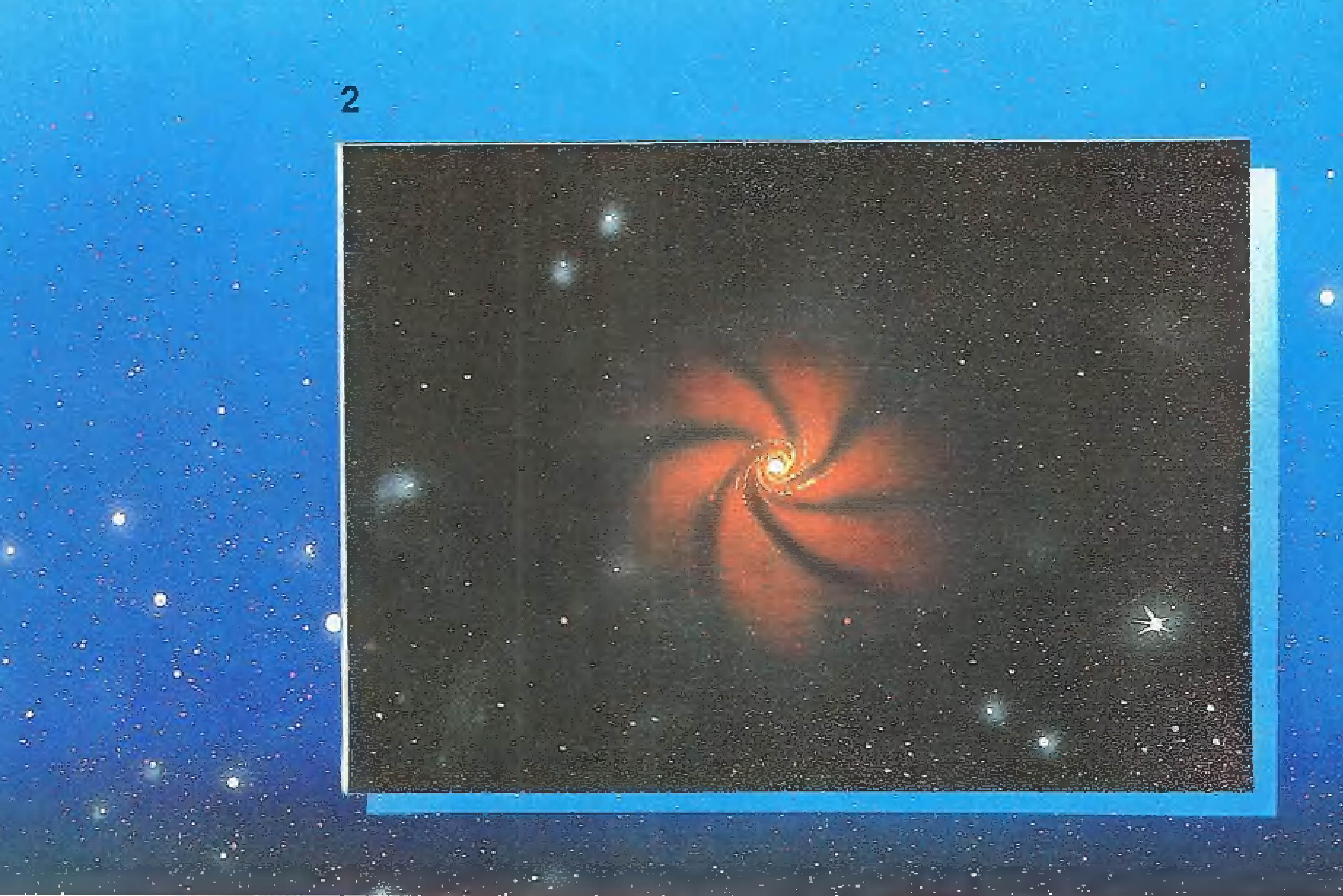
يتألف النجم المزدوج RW من نجمين متقاربين جدًّا لدرجة أنهما يتشاركان في نفس الغلاف الجوّي الغازي.



تختلف النجوم كثيرًا في الحجم: يدور النجم الأرجواني المزرقّ «بْلِيُونا» حول محوره بسرعة كبيرة لدرجة أنه اتّخذ شكلاً مسطّحًا شبيهًا بالصحن الطائر.



2



2 ترتفع درجة الحرارة في المنطقة المركزيّة من النجم الأوّلي مع تحوُّل الطاقة الجاذبية إلى طاقة داخليّة.

يدوم طور التقلُّص عشرات أو مئات الملايين من السنين.

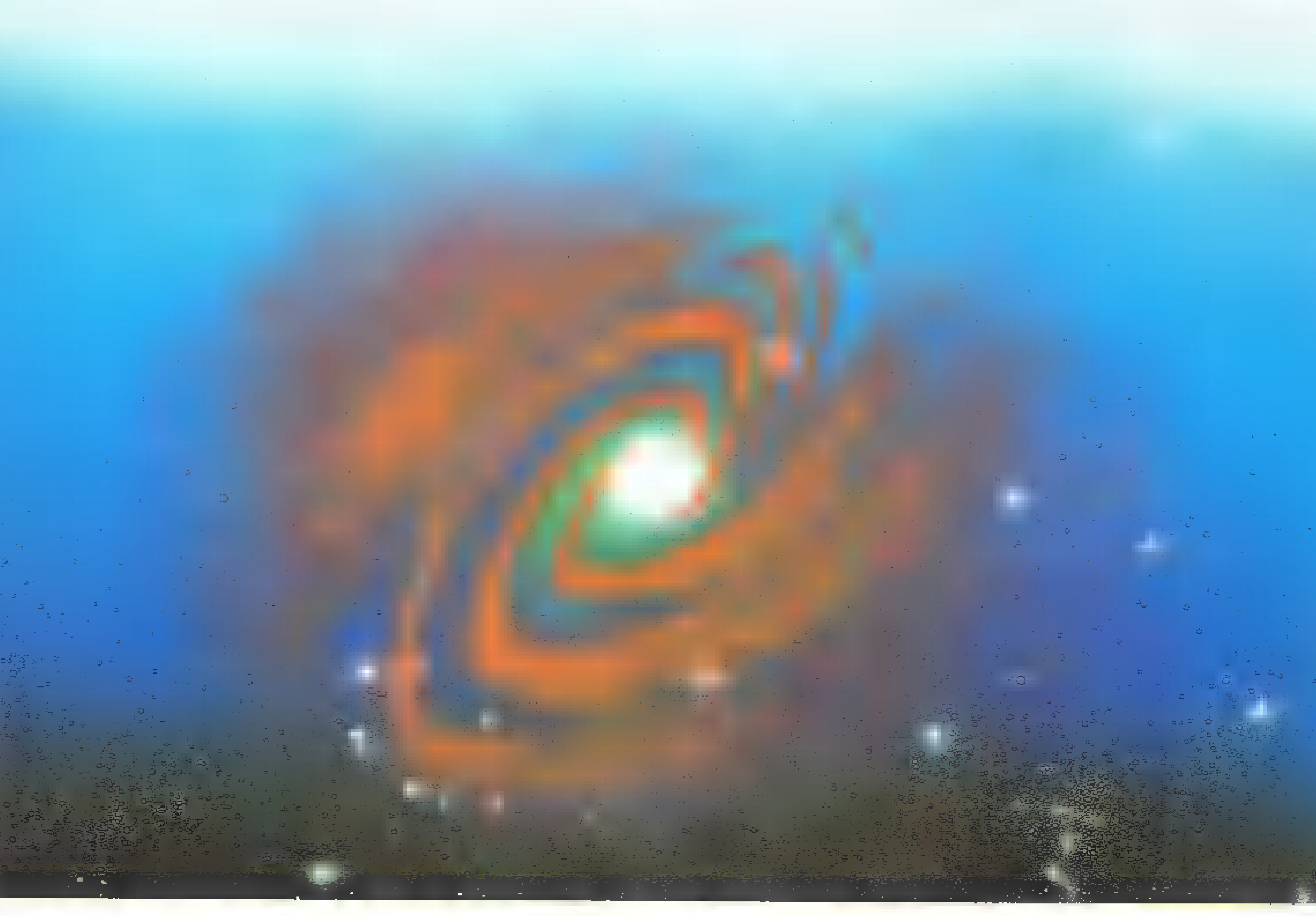
تكوُّن النجم

عندما تصلُ درجةُ الحرارةِ في مركز الغيمةِ إلى عدة ملايين من الدرجات المئويّة، تبدأ ذرَّاتُ الهيدروجين بالاصطدام بعضها ببعض حتى تتَّحِدَ فيما بينها وتُشكّلُ ذرَّاتٍ أكثر تعقيدًا هي ذرّات الهليوم.

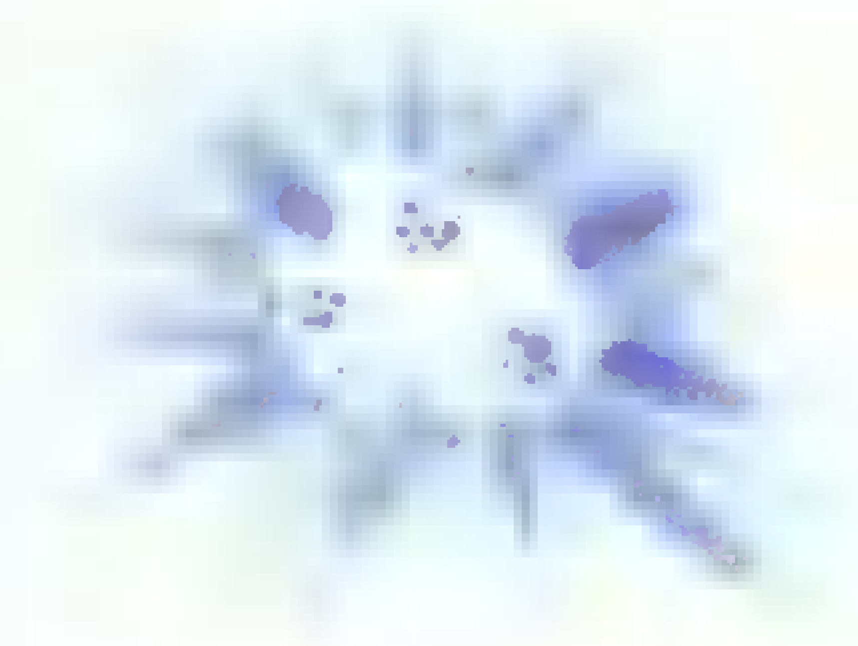
هذه العمليّةُ، التي تعرف بالاندماج النووي، تطلِق كميةً هائلةً من الطاقة على شكل حرارة في الغالب. فيبدأ مركزُ الغيمةِ «بالاحتراق» ويمكننا القول عندئذٍ إنّ نجمًا قد وُلِد.

بعد تكوُّن النجم الجديد، يستمر الاندماجُ النووي الداخِلي بتوليد كميَّةٍ من الطاقة تؤدي إلى تمدّد النجمِ كالبالون، حتى يبلغَ قُطرُه حجمًا معيَّنًا: إنها النقطةُ التي تتوازن عندها الطاقةُ المنبعثةُ من الاندماج النووي مع الطاقةِ المولَّدةِ بفعل قُوَّةِ الجاذبية، والتي تميل إلى تقليص النجم.

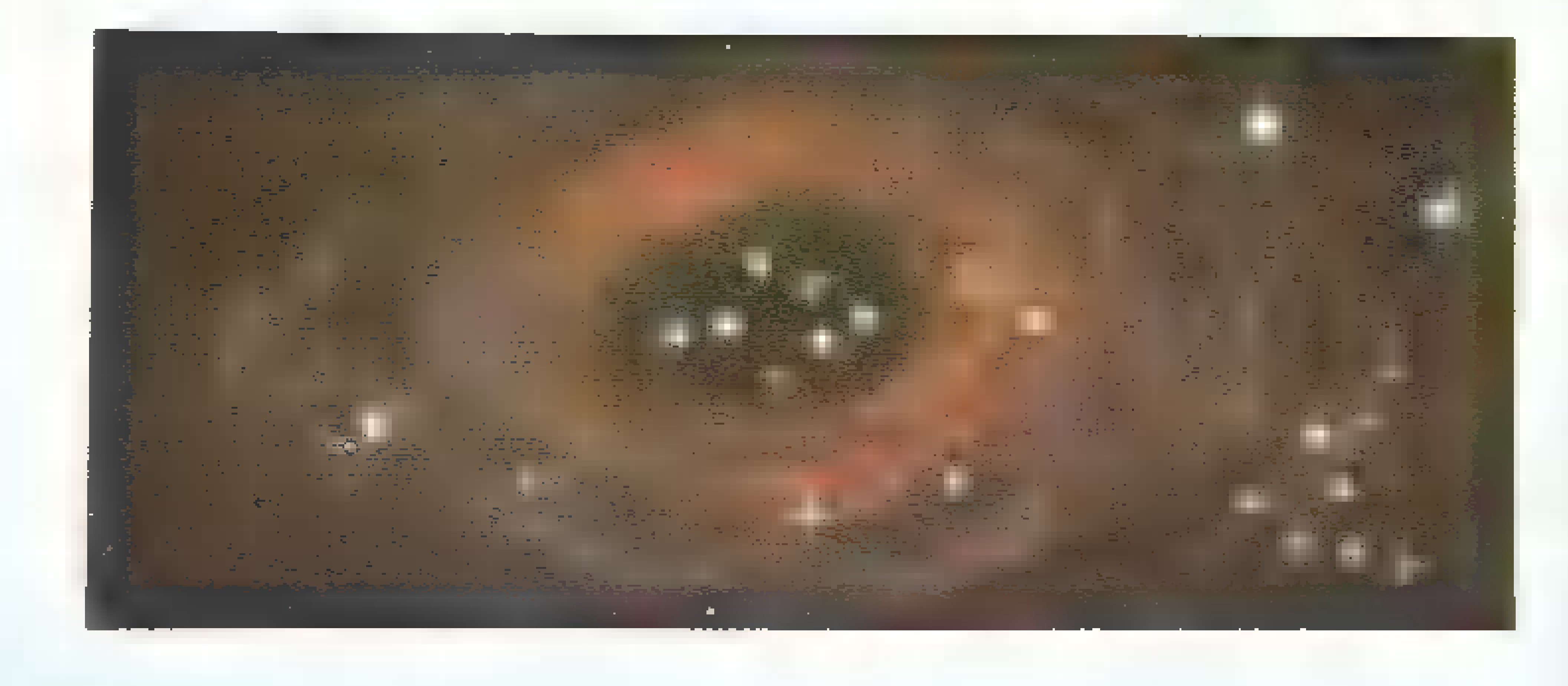
وهكذا، فإن النجمَ يبقى مستقرًّا لملايين السنين دون أن يطرأَ عليه أيّ تغييرٍ مُهِم.



يبقى النجم الأوليّ شبه مستقرٍّ على مدى ملايين السنين، لكنه يصلُ إلى وقت يتعرَّضُ فيه لسلسلةٍ من التقلُّصاتِ التي ترفعُ درجةَ حرارتِه الداخلية إلى حدٍّ بعيد. بعدئذٍ، ينكمش النجمُ الأوّلي ليصبح بحجم نجمٍ طبيعي؛ ويكون هذا التقلُّصُ مفاجئًا وشديدًا لدرجة أنه يتسبَّبُ بالتفاعلات النووية الأولى، والتي تصبحُ مصدرَ طاقة النجم الجديد.



يُمكن لعدَّةِ نجومٍ أن تتكوَّنَ أحيانًا في غيمةٍ غازيَّةٍ واحدة. ويعتقدُ العلماءُ اليوم أن نِصفَ النجومِ على الأقلّ هي نجوم «متعدِّدة»، مثل النجوم التي تحرق الغاز في سديم «الورديَّة».



قلَّما تتكوَّن النجوم بعيدًا عن تأثير غيرها من النجوم الجديدة. فعندما تتقلَّص غيمة غازيّة، تتكوَّنُ آلافُ النجوم، التي تنتظمُ عادةً في مجموعات أو حشود.

1 تتألَّف النجوم بشكل رئيسي من الهيدروجين، وهو أبسط العناصر الطبيعيّة.

2 تتصادم ذرّات الهيدروجين الصغيرة بعنف فيما بينها وتتّحد لتشكيل الهِليوم.

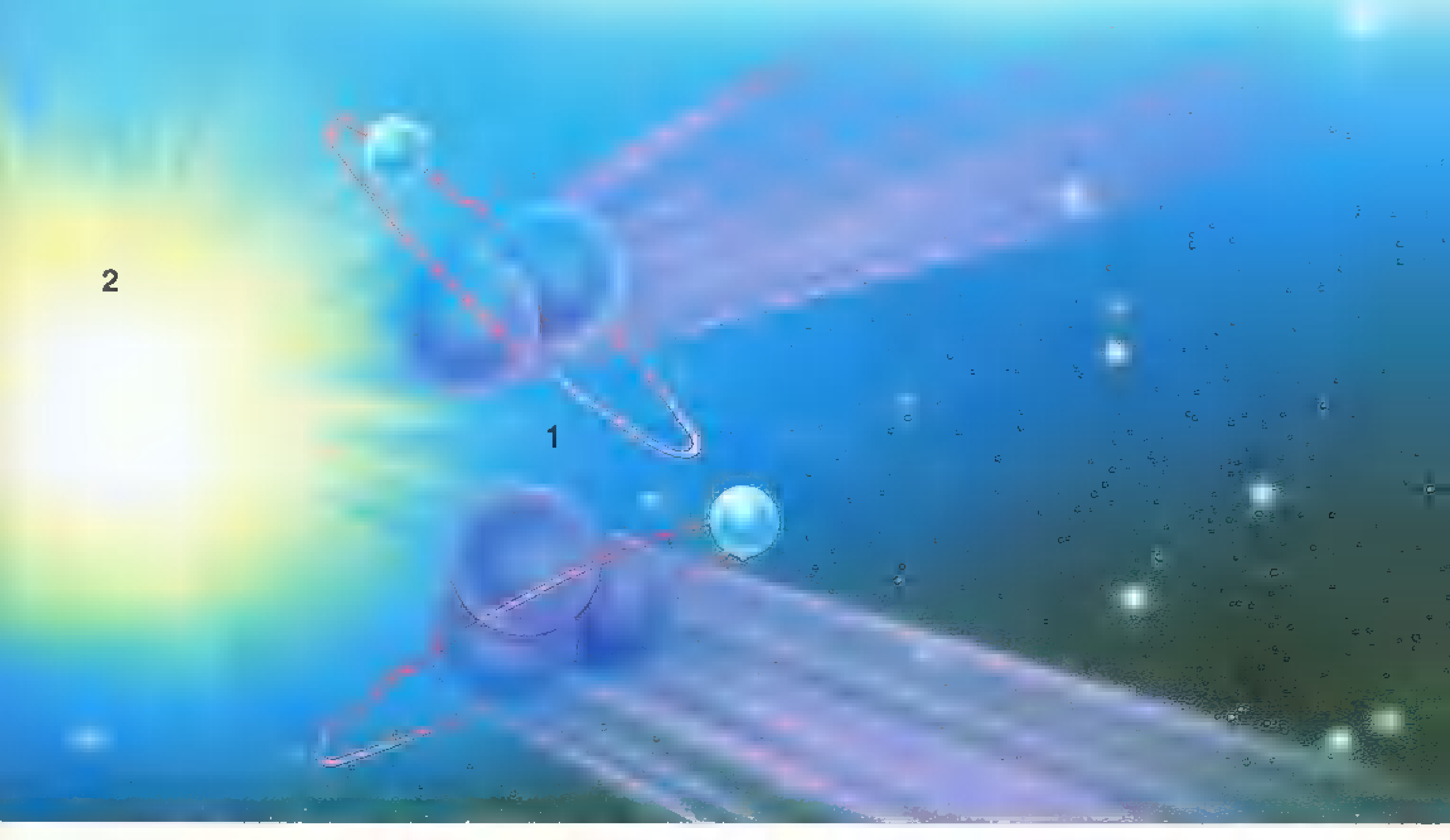
النجوم «العاديّة»

تبدو جميعُ النجوم كنقاط صغيرةٍ من الضَوْء متماثلةٍ إلى حَدٍّ ما، لكنها في الواقع مختلفةٌ جدًا عن بعضها البعض. فبعض النجوم يبدو كشمسنا، في حين أن بعضَها الآخر أصغرُ حجمًا أو أكبر حجمًا منها، وأبرد أو أشد حرارة. وعلى سبيلِ المِثال، لا تبلغُ كُتلةُ بعضِ النُجومِ سوى عُشْرِ كُتلةِ الشمس، بينما تزيد كتلةُ بعضِها الآخر على 30 ضعف كتلة الشمس.

تُطلِقُ جميعُ النجومِ ضوءَها الخاصّ: أزرق أو أبيض أو أصفر أو أحمر. ويعودُ اختلافُ لون الضوء إلى اختلاف درجة الحرارة السطحيّة بين النجوم. مثلاً، تبلغُ درجةُ حرارة سطح الشمس حوالي 5500 درجة مئويّة، ما يجعلها تَشُعُّ ضوءًا أصفر.

والنجومُ الزرقاءُ هي أشدّ النجومِ حرارةً على الإطلاق، إذ تصلُ درجةُ حرارتها إلى 25000 درجة مئويّة، وتتراوحُ درجةُ حرارةِ النجومِ البيضاء بين 6000 و 10000 درجة مئويّة، بينما لا تتجاوزُ درجةُ حرارةِ النجومِ الحمراء، وهي أبردُها، 3000 درجة مئويّة.

لا تمتدُّ حياةُ جميعِ النجوم على نفس الفترة الزمنيّة. تحتوي النجومُ الكبيرةُ على كمِيَّةٍ أكبر من الهيدروجين، لكن نَواها تبلغُ درجاتِ حرارةٍ أكثر ارتفاعًا من درجات حرارة نَوى النجوم الأصغر حجمًا. لهذا السبب، «تَحرِقُ» النجومُ الكبيرةُ مَخزونَها من الهيدروجين بوتيرةٍ أسرع من النجوم الصغيرة.



مع تركُّز المادة التي تؤلّف النجم، تتصادم ذرّات الهيدروجين فيما بينها وتشكّل الهليوم؛ ويولِّد هذا الاندماج كميةً هائلةً من الطاقة تجعل النجومَ مُشِعَّةً فتُطلِقُ الضوء.

1 تكون درجةَ حرارة مركز النجم مرتفعةً بحيث أنّ ذرّات الهيدروجين تتصادم فيما بينها وتندمج معًا.

يعادل سُطوعُ نجم رِجْلِ الجبّار في كَوْكَبَة الجبّار، 52000 ضعف سُطوعَ الشمس! ولكي تَسْطَعُ هذه النجوم الهائلة بمثل هذه القوّة، تستهلكُ مَخزُونَها من الهيدروجين بسرعة كبيرة، ما يقصِّرُ حياتَها إلى بضعة ملايين سنة.

تختلف ألوان الضوء الذي تطلقُه النجوم:

أ ـ نجم أصفر.

ب ـ نجم أحمر.

ج ـ نجم أزرق.

د ـ نجم أبيض.



2 يؤدّي ذلك إلى إطلاق كميّةٍ هائلة من الطاقة تساوي الطاقة التي يُطلقها انفجار ذرّي!

3 يتكوّن الهِليوم بفعل الاندماج. تصعد الطاقة المولَّدة إلى سطح النجم على شكل ضوء وحرارة.

4 مع الوقت، يُستنفَد هيدروجين النجم تدريجيًّا ويتحوّل بمجمله إلى هِليوم.

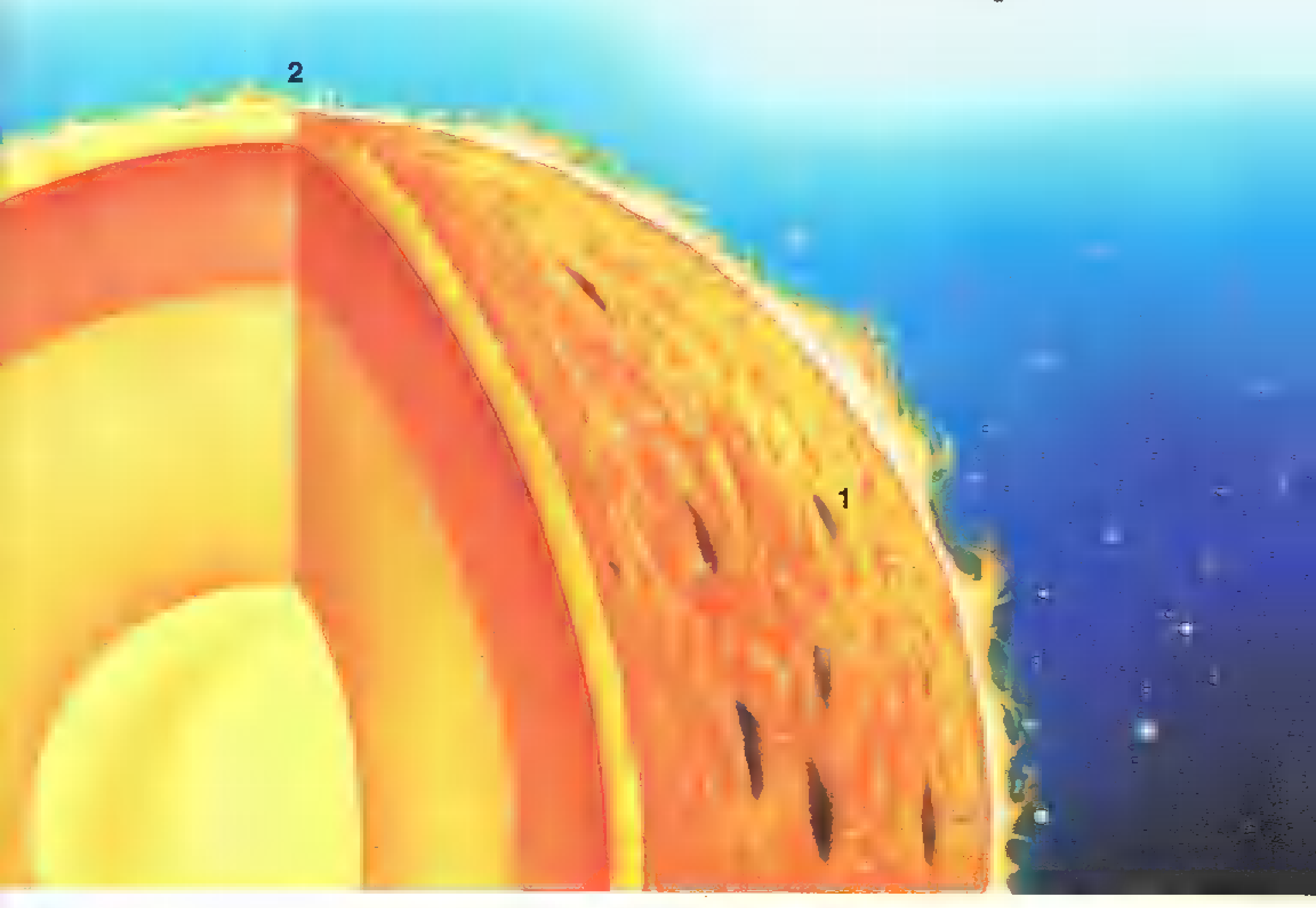
الشمس: نجمنا

هل الشمسُ نجمٌ فريد؟ بالطبع لا. فشمسُنا نجمٌ من بين مئة بليون (مليار) نجم موجود في مَجَرَّتِنا. لكنّها نجمٌ «خَاصّ» بالنسبة لنا. فهي قريبةٌ (على بعد 150 مليون كيلومتر فقط) بحيث أنّ حرارَتها وضوءَها يصلان إلينا. وبفضل الشمس، أصبحت الحياةُ ممكنةً على سطح الأرض.

إنّ الشمسَ في الواقع كُرةٌ هائلةٌ من الغازات يصل قُطرُها إلى 1390000 كيلومتر؛ أي أنَّ قُطرَها يبلغ 108 أضعاف قطر الأرض.

تبلغُ درجةُ الحرارة في مركز الشمس نحو 10 ملايين درجة تقريبًا؛ وتَنتُجُ هذه الحرارةُ المرتفعةُ عن التفاعلات النووية التي تحدُثُ في داخلها بفعل تحوُّل الهيدروجين إلى هليوم. تُطلِقُ هذه العمليةُ كميّةً كبيرةً من الطاقة في الفضاء، على شكل ضوء وحرارة.

يُعرَف القسمُ الخارجيّ من الشمس بالإكليل، وهو يتألّف من إلكترونات و «غبار». وتتميّز هذه المِنطقةُ بامتدادها الشاسع، إذ أن قُطرَها يبلغ 20 ضعفًا من قُطرِ الشمس. ولا يمكنُ رُؤيةُ الإكليلِ إلاّ في حالات الكُسُوف.

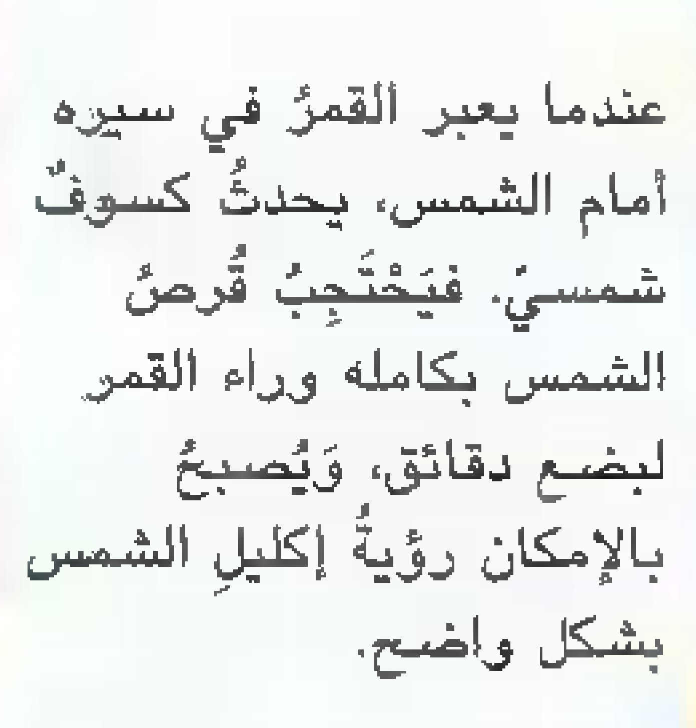


لا تُشكّلُ الشمسُ كرةً بسيطةً من الغازات المنتظمة التوزيع. فقد اكتشف العلماءُ أنّ الشمسَ تتألّفُ من طبقاتٍ مختلفةٍ ذات خصائص متمايزة، مثل درجات الحرارة الشديدة الاختلاف.

1 البقع الشمسية أكثر برودة إلى حد ما من محيطها، ما يجعلها تبدو داكنة اللون. لكن، بالرغم من ذلك، تصل درجة حرارة هذه المناطق إلى 4500 درجة مئويّة تقريبًا وقد يصل اتساعها إلى 100000 كيلومتر!



يتألّفُ الشّواظُ الشمسي من غازات منخفضة الحرارة نسبيًا. يُطلَقُ الشُّواظُ من سطح الشمس ويُنْفَثُ عبر الإكليل. ويمكن للشُّواظ أن يشكل حلقات ترتفع عشرات آلاف الكيلومترات!



عندما يعبر القمرُ في سيره أمام الشمس، يحدثُ كسوفٌ شمسيّ. فيَحْتَجِبُ قُرصُ الشمس بكامله وراء القمر لبضع دقائق، ويُصبحُ بالإمكان رؤيةُ إكليلِ الشمس بشكل واضح.



عندما تلتقي الرياحُ الشمسيّةُ بجوّ الأرض، خاصّةً بجوار القطبَيْن، تتسبَّبُ طاقةُ الرياح الشمسيّة بظهورِ أضواءٍ ملوّنة تعرَف باسم الشَّفَق القطبي الشمالي في نصف الكرة الشمالي، والشفق القطبي الجنوبي في نصف الكرة الجنوبي.

3

4

تبلغ درجة حرارة الغلاف الضوئي (سطح الشمس) 6000 درجة مئويّة تقريبًا.

يقع الغلاف اللوني فوق سطح الشمس. وهو منطقة شديدة النشاط تشاهد فيها التفجُّرات الغازية العملاقة التي تعرَف بالشُّواظ الشمسي.

4 يرسل النشاط الشمسي جُسيمات في جميع الاتجاهات، مشكّلاً بذلك الرياح الشمسيّة.

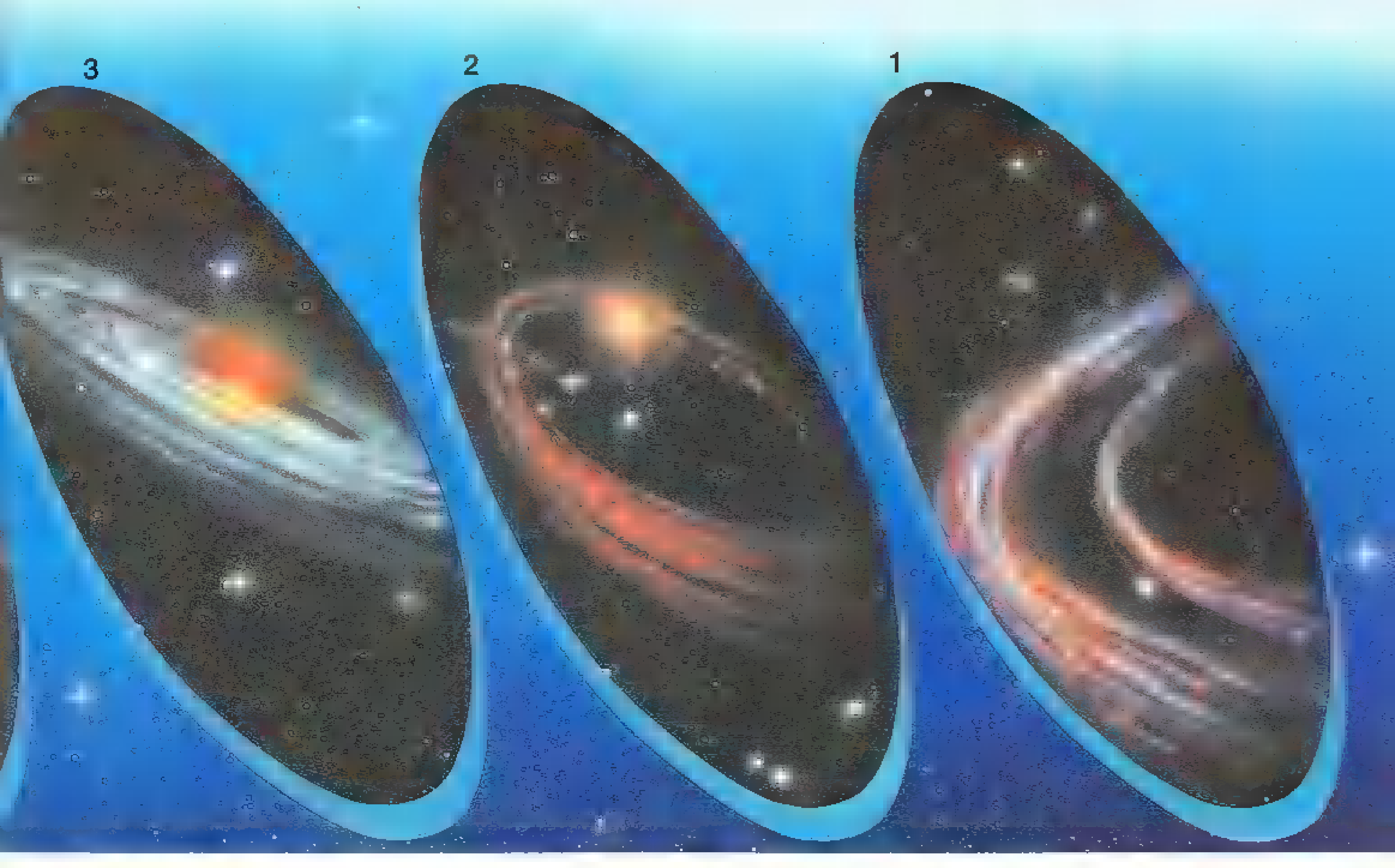
تطوّر الشمس

شمسنا نجمٌ أصفر وُلِدَ منذ أقل من 5 بلايين (مليارات) سنة، وسوف يستمرُّ بتحويل الهيدروجين إلى هِليوم لمدة 5 بلايين سنة أخرى.

ولكن، كيف تكوّنت الشمس؟ لقد نشأت الشمسُ، مثل العديدِ من النجوم الأخرى، في الكون. بدأ كلُّ شيءٍ بغيمةٍ غازيّة مؤلّفة بمعظمها من الهيدروجين تدور حول محورها في الفضاء. وقد أدّى تسارُعُ هذه الحركةِ الدورانيّةِ إلى تسطيحِ الغيمةِ وإعطائها شكلَ قرصٍ. ثم تكثّف قسمٌ من المادّةِ الغازيّة في مركزِ الغيمةِ وكوّن الشمس، التي بدأت تَشُعُّ على نحو ساطع.

وفي وقت لاحق، تكثّفت أيضًا الطبقةُ الخارجيّةُ من الغيمة وتصلّبت مُشَكِّلَةً جميع كواكب النظام الشمسي.

ماذا سيكون مصير الشمس؟ إن جميعَ النُّجوم، بما فيها النُّجومُ الصفراء مثل شمسنا، تكبر بسرعة حين تَستنفِدُ وَقودَها حتى تصبح نجومًا حمراء عملاقة. وعندما يحدثُ ذلك للشمس، أي بعد 5 بلايين سنة تقريبًا، تصبح الحياة غير ممكنةٍ على سطح الأرض.

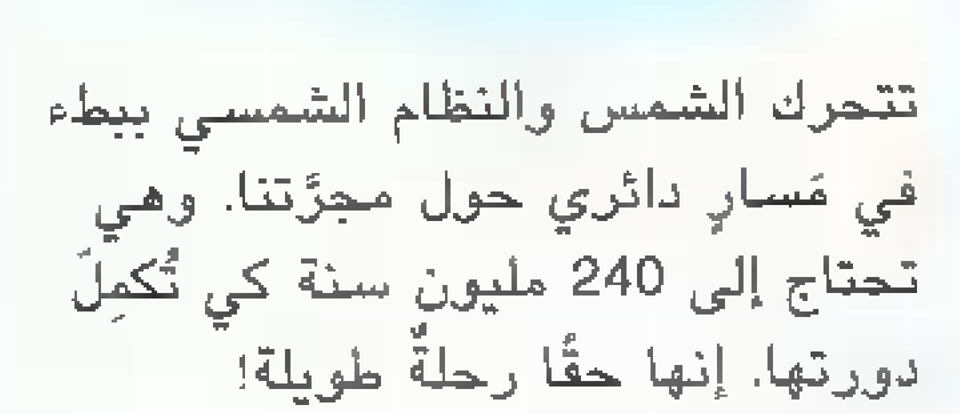


بعد حوالي 5 بلايين سنة، سوف تَفتقِرُ الشمسُ للوَقود الداخلي فتتمدَّدُ وتُصبحُ نجمًا عملاقًا أحمر. وبنتيجة ذلك، تزيدُ كميَّةُ الحرارةِ التي تصل إلى الأرض، ما يجعلُ الحياةَ غير ممكنةٍ على سطح كوكبنا. بعد ذلك، تستمرّ الشمسُ في النموّ «فتبتلع» أولاً عُطارِد والزُّهَرة ثم الأرض نفسها، التي تزول بذلك من الوجود.

1 تنكمش الغيمة المؤلّفة من الغبار والغاز باتجاه مركزها.

المُشتري هو أكبرُ كَوْكَبٍ في المجموعة الشمسيّة وهو كوكبٌ غازي يتألفُ في مُعظَمه من الهيدروجين والهليوم، ولكنه أصغر من أن يصبح نجمًا؛ فهو يحتاج لكتلة أكبر بنحو 60 ضعفًا تقريبًا ليشكّل نجمًا.





تتحرك الشمس والنظام الشمسي ببطء في مَسارٍ دائري حول مجرَّتنا. وهي تحتاج إلى 240 مليونِ سنة كي تُكمِلَ دورتها. إنها حقًّا رحلةٌ طويلة!

4 5 6

2 مع انكماش الغيمة، ترتفع حرارة المركز.

[illegible] تتسطّحُ المِنطقةُ الخارجية فتتخذ شكل القرص.

4 يشعّ المركز بضوء ساطع: إنها ولادة الشمس.

5 بعد 5 بلايين سنة تقريبًا، سوف تتحوّل الشمس إلى عملاق أحمر.

6 عندما تتمدد الشمس تدمِّر الكواكب الأقرب إليها، بما فيها الأرض.

العمالقة الحُمر

رأينا سابقًا أن النجومَ تتغيَّرُ ببطءٍ شديد على مرّ الزمن. وعندما يكونُ النجمُ مستقرًّا ويُشِعّ بانتظام نقول إنه في «الطور الرئيسي» من حياته. وشمسُنا هي الآن في هذا الطور.

لكن، مع استمرار إشعاعِ النجمِ، تتزايد حرارةُ نَوَاتِه بشكلٍ متواصل على مدى ملايين السنين، فيَستَهْلِك كاملَ مَخزونِه من الهيدروجين بينما يتركَّزُ الهِليوم تدريجيًّا في نواته.

بعد ذلك، تُصبحُ درجةُ حرارةِ النواة مرتفعةً بحيث تبدأ ذرّاتِ الهليوم بتكوين ذرّاتٍ أخرى أكثر تعقيدًا، مثل الكربون والأُكسجين والحديد.

علاوةً على ذلك، تتمدَّدُ الطبقاتُ الخارجيّةُ نتيجةً لارتفاع درجة الحرارة في النواة، فيزدادُ بالتالي حجمُ النجم.

وعندما يتمدَّدُ النجم، تنخفِض درجةُ حرارة الطبقات الخارجية وتبدأ بإشعاع ضوءٍ أحمر. لذا، تُعرف هذه النجوم باسم العمالِقةِ الحُمْر.



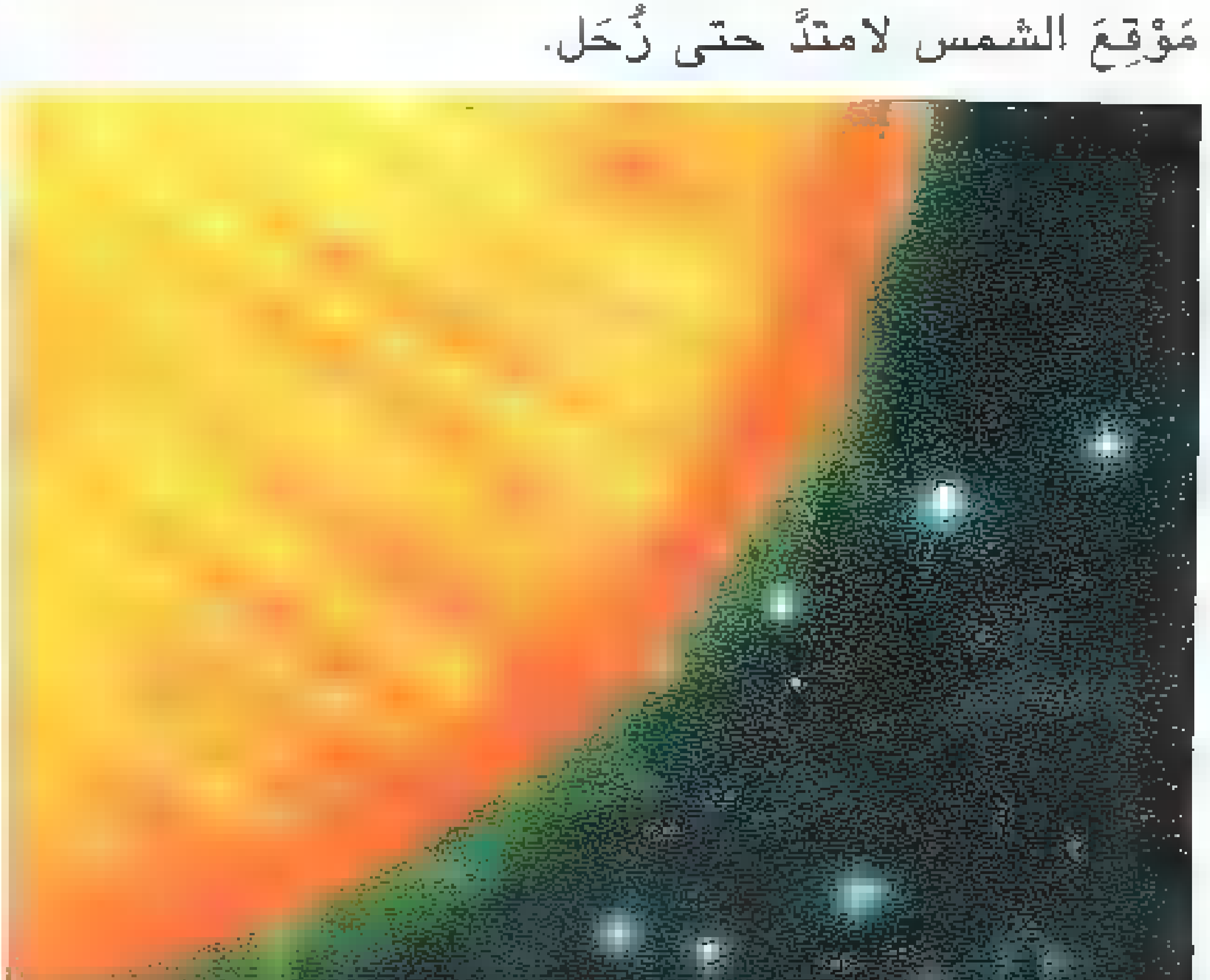
تَستمِرُّ النجومُ في الإشعاع لملايين السنين، فتستهلِكَ كلَّ وَقودِها الداخلي. عندها، إذا استمرّت حرارةُ النجمِ بالارتفاع، يَكبُر حجمُ النجم

وتنخفضُ حرارة طبقاته الخارجية فتُصبِحَ حمراء اللون. ويتحوَّلُ النجمُ نتيجةً لذلك إلى «عملاقٍ أحمر».

1 يستنفِدُ النجم مخزونه من الهيدروجين.

تتحوّل جميعُ النجوم إلى عمَالِقةٍ حُمْر عندما يُستنفَدُ مخزونُها من الهيدروجين. لكنّ النجومَ الأكبرَ حجمًا تُصبحُ «عمالقةً فائقةً»، مثل مَنْكِب الجوزاء الذي يساوي قُطرُه 800 ضعف قُطر الشمس.

إنّ أكبر نجمٍ معروف هو العَيّوق في كوكبة «ذي الأعِنَّة» (أو مُمسِك الأعنّة). ولو احتلّ هذا النجمُ مَوْقِعَ الشمس لامتدَّ حتى زُحَل.





ولبعض النجوم قُطرٌ قريبٌ جدًّا من قُطر الأرض، لكن كُتلتَها أقرب إلى كتلة الشمس: إنها الأقزام البيض، التي تتميّزُ بكثافة مرتفعة جدًّا تصل إلى حوالي طنٍّ واحد بالسنتيمتر المكعّب!

3

2

2 مع ارتفاع درجة الحرارة الداخلية، يتمدّد النجم ويكبر حجمه.

3 تنخفض حرارة الطبقات الخارجيّة ويطلِق النجم ضوءًا أحمر. هكذا، يتحوّل النجم إلى عملاق أحمر يمكن أن يزيد قطره على مئة ضعف قطر الشمس.

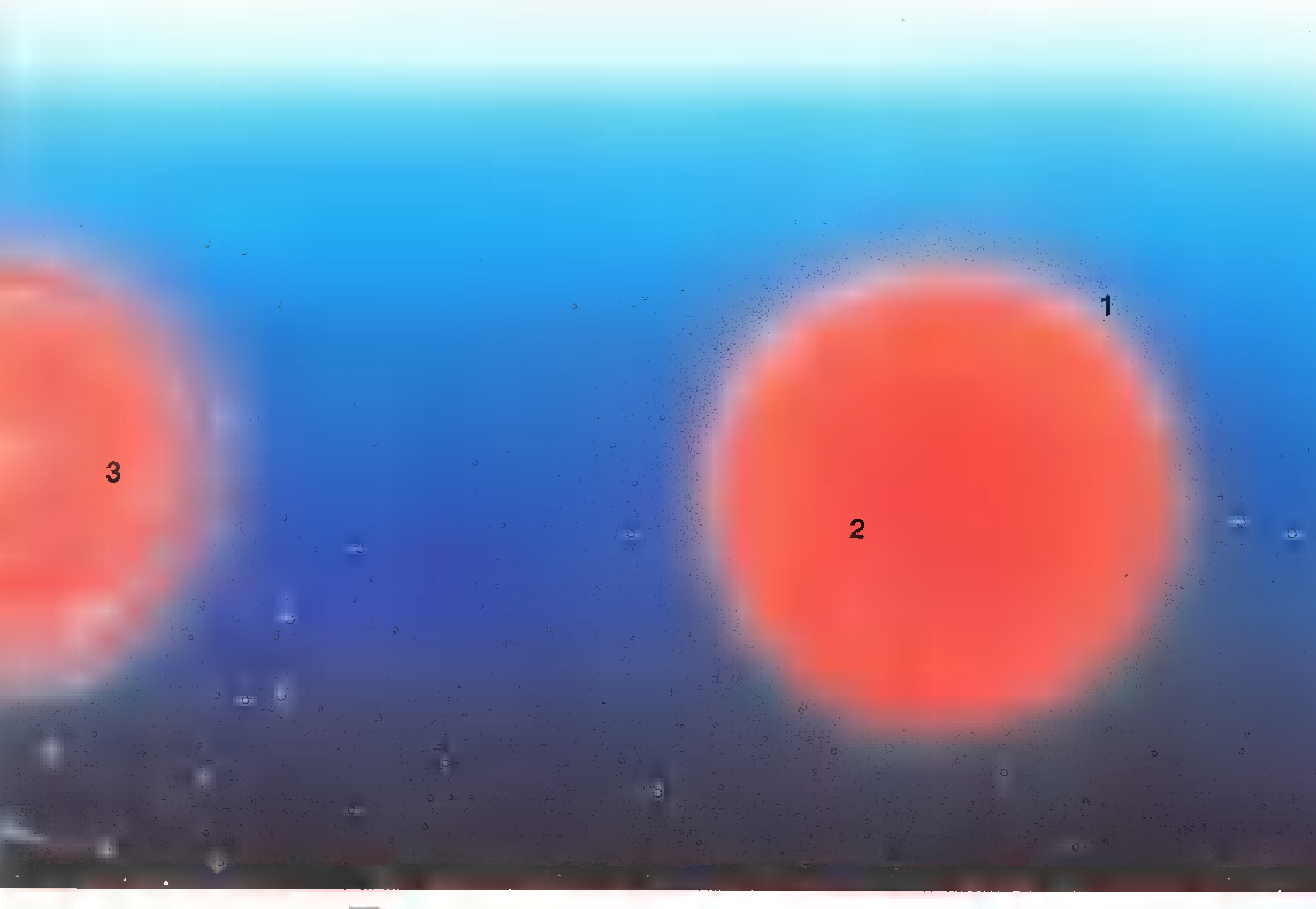
المستعِر الفائق

لا يستمرُّ العملاقُ الأحمر بالسطوع إلى ما لانهاية، إذ أن نَواتَه تفتقرُ في النهايةِ إلى الطاقة الكافية.

ويحدُثُ ذلك لأنّ عمليةَ الاندماج تتوقّفُ عندما تبلغُ ذرّاتُ الحديد، وغيره من العناصر الثقيلة التي كانت تتشكّلُ في النواة، تركيزًا معيّنًا.

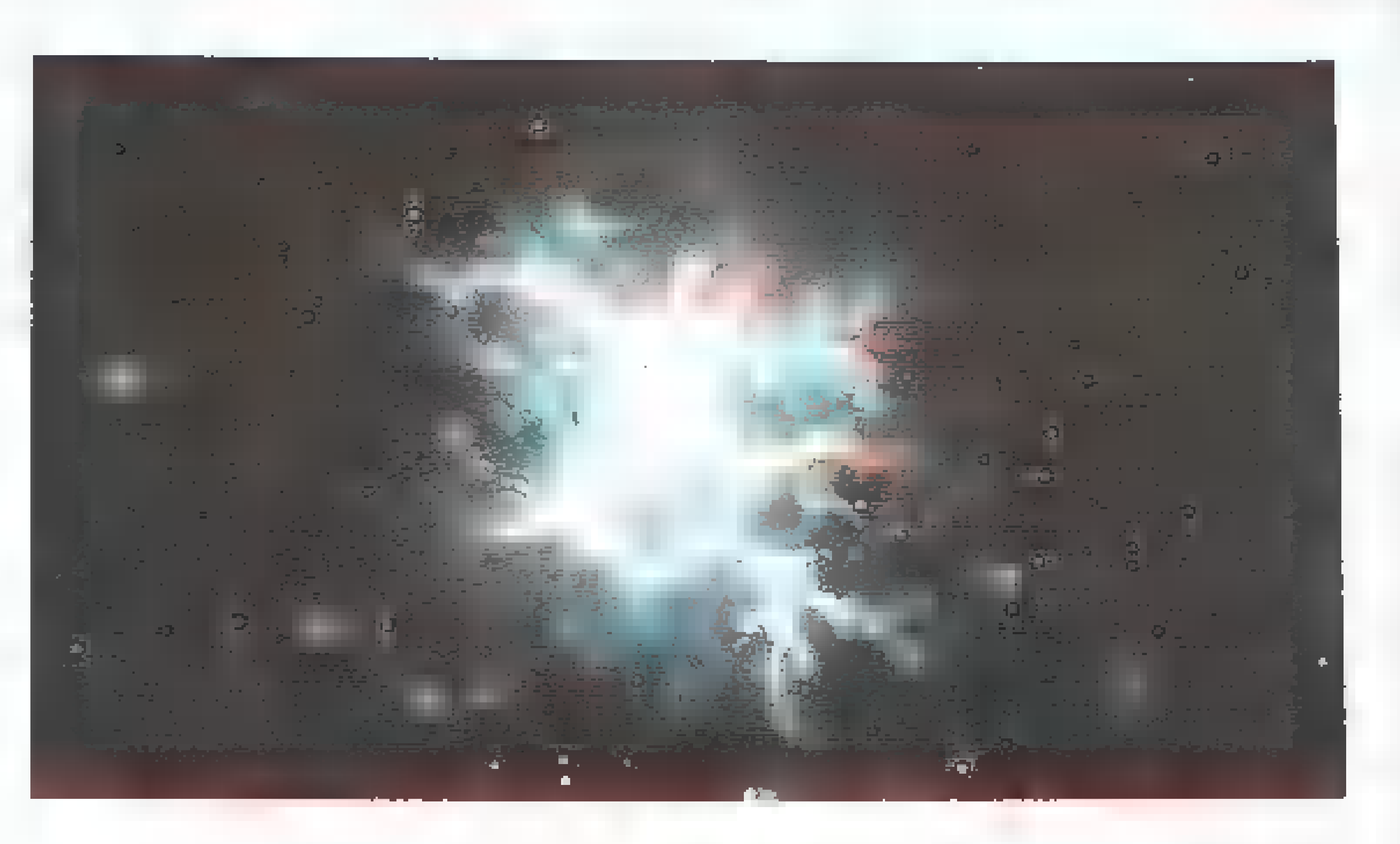
وابتداءً من تلك اللحظة، تأخذُ درجةُ حرارةِ النَّواةِ بالانخفاض، ولا يُنتِجُ النَّجْم كميَّةً كافيةٍ من الحرارةِ لموازنةِ قُوَّة الجاذبية. عندئذٍ ينهارُ النجمُ ويتسبَّب بتسخين الطبقات الخارجية الحمراء الباردة. إذا كانت كُتلةُ النجم كبيرة بما فيه الكفاية، تنفجر هذه الطبقات بشكل عنيف، ويظهر مُستَعِرٌ فائق لفترة من الزمن. يَظهر هذا الانفجارُ في السماء مضيئًا كمجرَّةٍ كاملة!

يجب ألاّ ننسى أن ما ينفجر هو الطبقات الخارجية من النجم، أي أنه كلما كَبُر حجم النجم ازدادت ضخامةُ الانفجار.

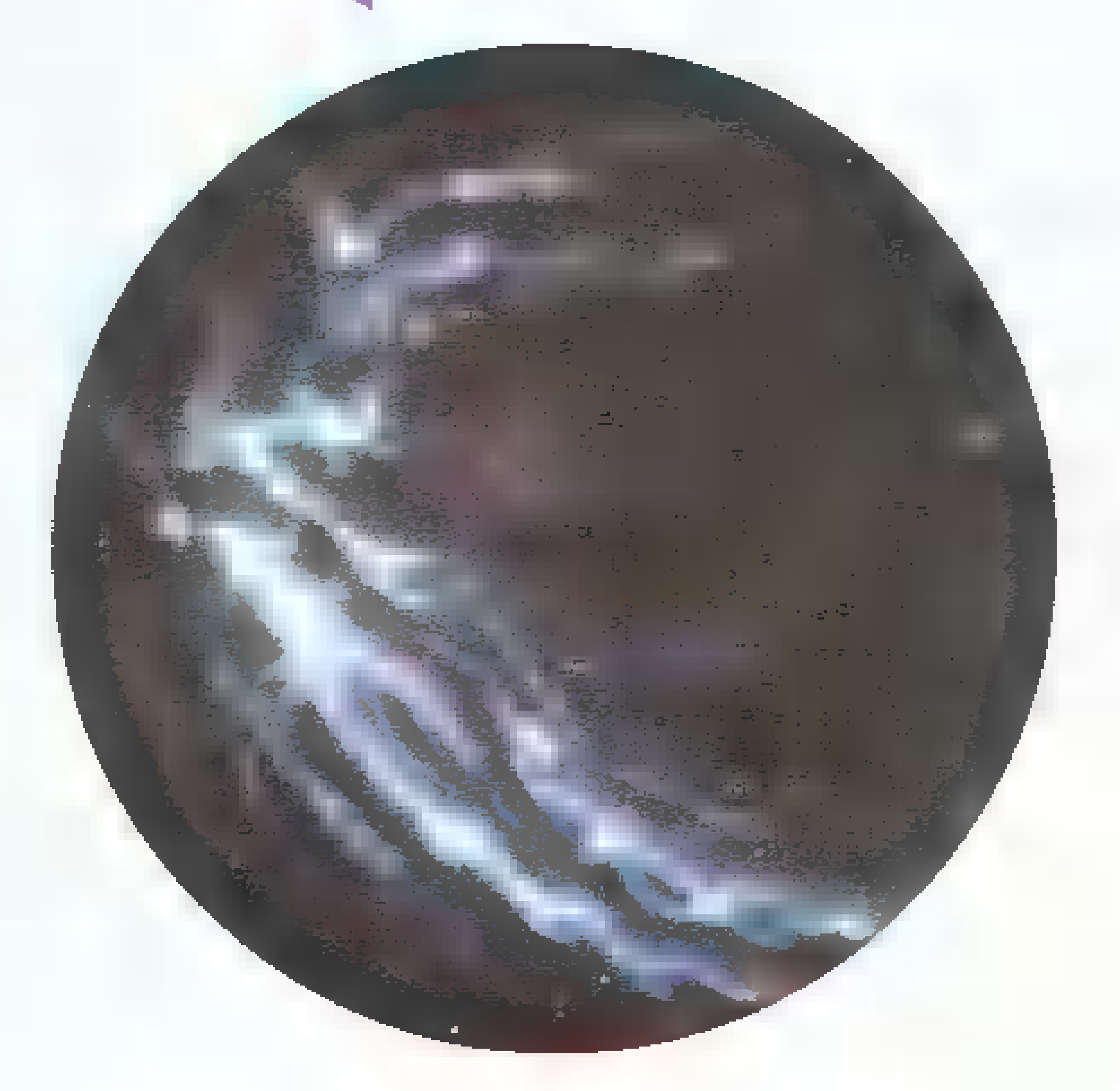


إذا كانت كتلةُ النجمِ كبيرةً بما فيه الكفاية، يتشكّلُ مستعِرٌ أعظم بعد حدوث الانفجار: تسخُنُ الطبقاتُ الخارجيةُ من النجم لدرجة أن مستعرًا فائقًا واحدًا يمكن أن يشعَّ لعدة أسابيع بقوّة تعادل أو تفوق سطوع مجرّة كاملة من النجوم.

1 بعد إشعاع النجم لملايين السنين، تصل ذرّات الحديد وغيره من العناصر الثقيلة التي تشكّلت في نواة النجم إلى نسبة معيَّنة.



أُصيب الفلكيون القُدامى بدهشةٍ كبيرة عند مشاهدتهم انفجار مستعرٍ فائق في العام 1054. وقد أدّى هذا الانفجار إلى نُشوء ما يُعرَف اليوم بسديم السرطان، الذي ما زال يتمدّد بسرعة 1100 كيلومتر بالثانية.



نرى أعلاه سديمَ كَوْكبةِ الدجاجة، وهو في الواقع بقايا مستعرٍ فائق.

4

5

6

2 **تتوقّف عمليّة الاندماج فتبدأ درجة حرارة النواة بالانخفاض.**

3 **لا يولّدُ النجم الآن ما يكفي من الحرارة لموازنة قوّة الجاذبيّة، فينهار.**

4 **ترتفع حرارة الطبقات الخارجيّة.**

5 **ينفجر النجم.**

6 **يتحوّل النجم إلى مُستعر فائق فينشر مادّته في أرجاء الفضاء.**

الأقزام البيض والنجوم النيوترونيّة

ماذا يحدث بعد الانفجار؟

بعد الانفجار، ينتشرُ قِسْمٌ من المادّةِ النجميّةِ في الفضاء، لكنّ ما يتبقّى من النجم قد ينضغط لتشكيل نجمٍ نيوترونيٍّ أو ثَقْبٍ أسود.

إذا كان النجمُ المتفجّرُ بحجمِ الشمس، تؤدّي قوّة جاذبيّته إلى انضغاطه حتى ينكمش إلى حجم كوكب صغير مثل الأرض. ويصبحُ النجمُ عندئذٍ جِرْمًا صغيرًا أبيض اللون يحتوي على الكتلة الأوليّة بكاملها، فيطلَق عليه اسم «القَزْم الأبيض».

أمّا إذا كان النجمُ أكبرَ حجمًا من الشمس، فإن تزايُدَ قوة جاذبيّته يؤدي إلى تركيزٍ أكبر لكتلته، ما يؤدي إلى تكوُّنِ نجمٍ نيوتروني. تَنْضَغِطُ كتلة النجم الضخم في كرة لا يتجاوز قُطْرُها 15 أو 20 كيلومترًا. تَصوَّر مدى انضغاط تلك الكتلة، فقد يصل إلى 100 مليون طن بالسنتيمتر المكعّب الواحد!

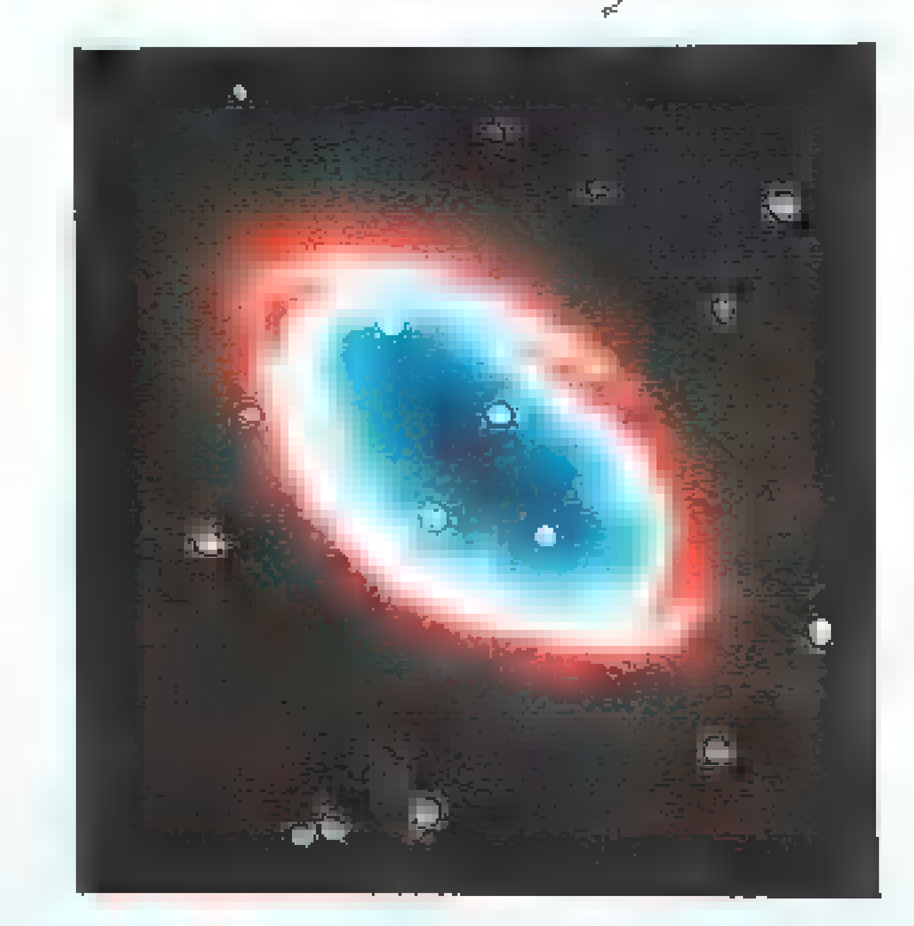


بعد الانفجار، لا يبقى من النجم سوى نواةٌ شديدةُ الكثافة صغيرةُ الحجم لا يتجاوز قُطرُها 20 كيلومترًا تقريبًا. وتكون هذه النواة إما نجمًا نابضًا أو نجمًا نيوترونيًا. وتدور هذه النواة حول نفسها بسرعةٍ مرتفعةٍ وثابتةٍ.

1 تتطوّر النجوم الزرقاء والبيضاء، وهي أشد النجوم حرارة، على نحو مدهش وبسرعة كبيرة، لكنها لا تدوم سوى مئة مليون سنة تقريبًا.

أ ب ج د

الغيومُ السديميّةُ الحلقيّة هي في الحقيقة غيوم غازيّة يُنيرُها ضوءُ نجومٍ قزمةٍ بيضاء.



قارِن أحجام الأنواع التالية من النجوم:

أ ـ عملاق أحمر/ الشمس.

ب ـ الشمس/ قزم أبيض.

ج ـ قزم أبيض/ نجم نيوتروني.

د ـ نجم نيوتروني/ ثقب أسود.

في مركز سديم السرطان، يقع نجمٌ نيوترونيّ يدور حول نفسه 33 مرّة بالثانية؛ ومع كلّ دورة، يبعثُ هذا النجمُ إشارةً طاقِيَّةً بشكل موجات كهربائية ووميض ضوئي. لذلك فإن هذا النوع من النجوم يُعرف باسم «النجم النابض». والنجم النابض نجم نيوتروني يدور بسرعةٍ ثابتة ويُرسلُ موجاتٍ إشعاعيّة في كل دورة.

3

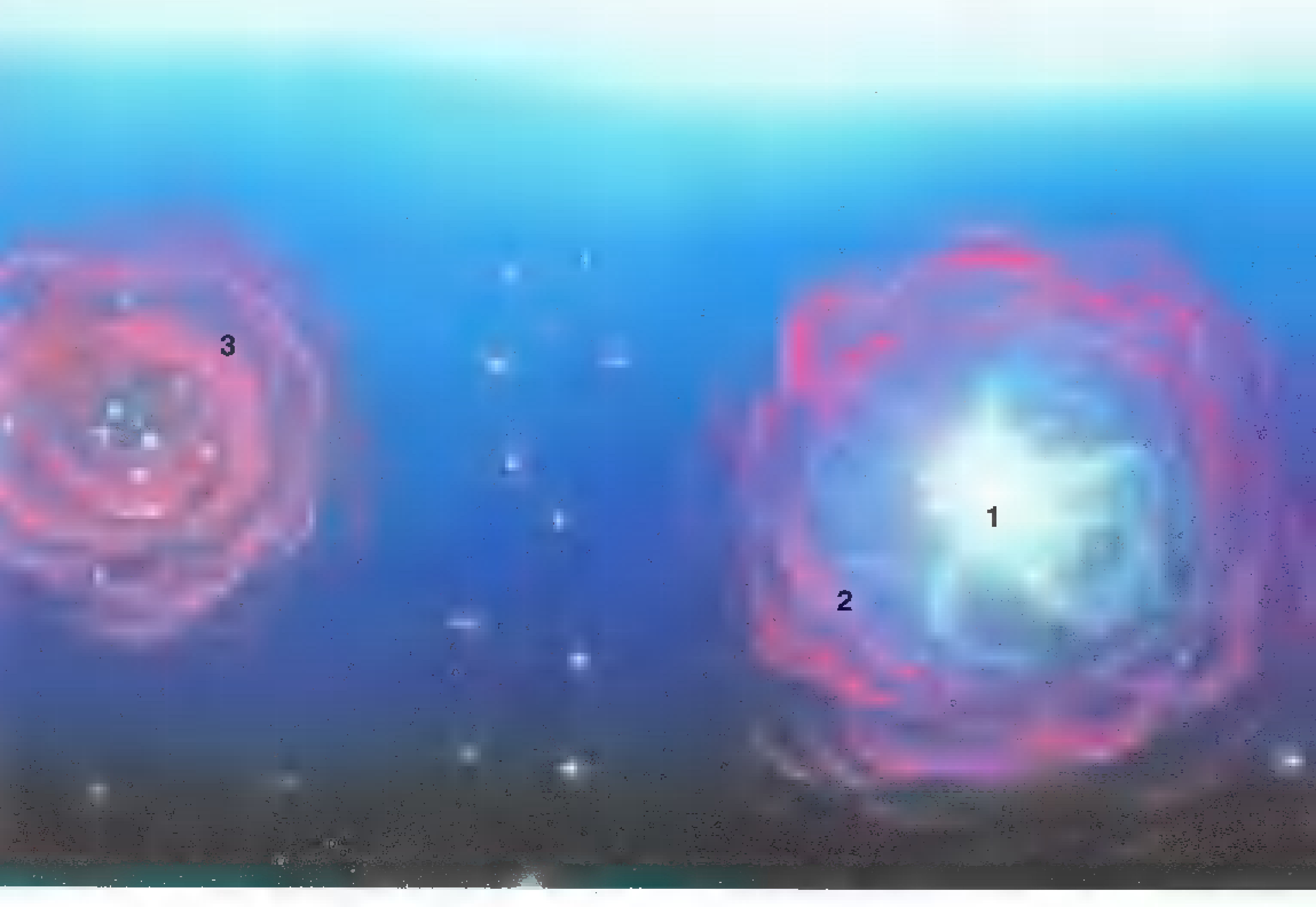
2 عندما يستهلك النجم مخزونه من الهيدروجين والهليوم، يتحوَّل أولاً إلى عملاق أزرق ثم إلى عملاق فائق أحمر.

4 بعد ذلك، قد ينفجر هذا النجم ويشكّل مستعرًا فائقًا. يشعّ المستعر الفائق على نحو ساطع طوال عدة أشهر.

تجدّد الكون

هل تعلمُ أنَّ موتَ بعض النجومِ يؤدّي إلى وِلادة نجوم جديدة؟ عندما ينفجرُ مستعرٌ فائقٌ يتشتَّت القسمُ الأكبرُ من مادّتِهِ في الفضاء. إلاّ أن هذه المَادَّةَ تحتوي على ذرّاتٍ أكثرُ تعقيدًا من الهيدروجين والهليوم الأصليّين، مثل الكربون والأكسجين والسّليكون والحديد. وتنضمُّ هذه العناصرُ الثقيلةُ إلى الغيومِ الغازيّةِ العملاقة، التي تُولدُ منها نجومٌ جديدة تحتوي هذه المرّة على عناصرَ أكثرَ تعقيدًا.

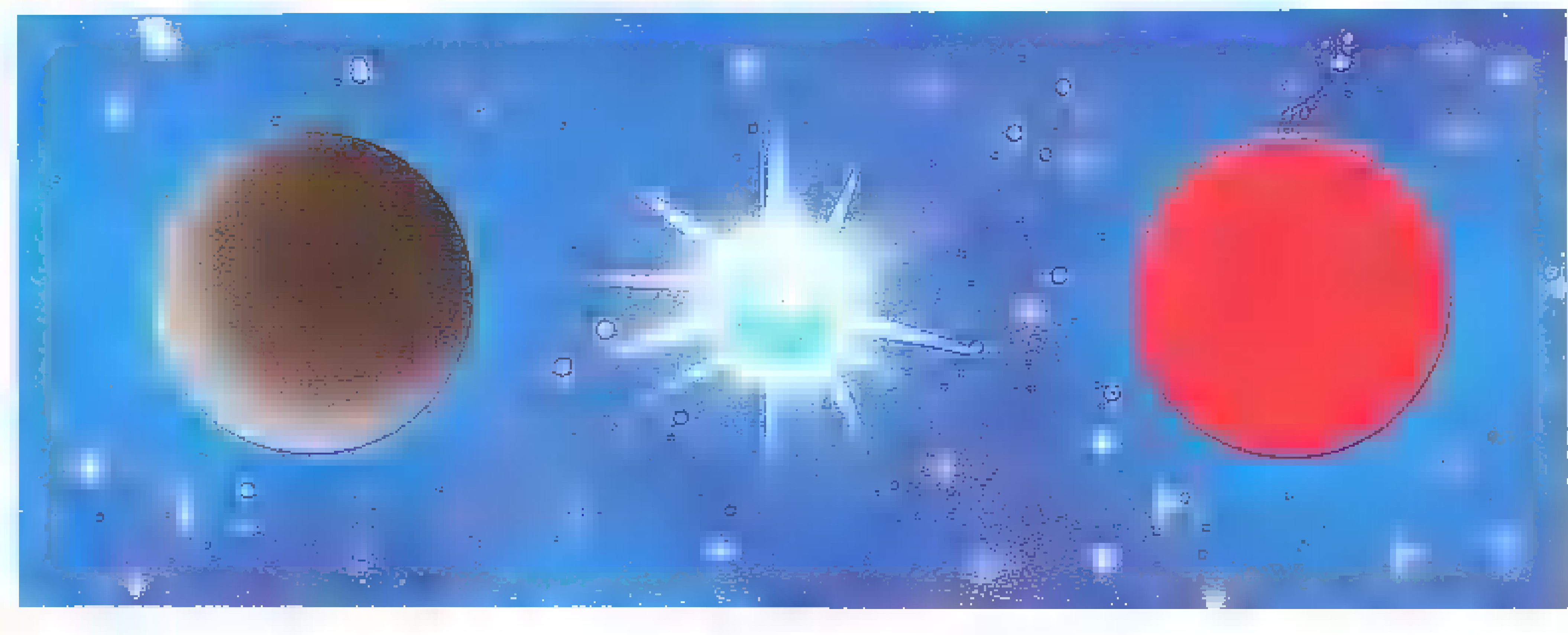
تنتمي شمسُنا إلى هذا النوعِ من النجوم التي تعرَف «بنجوم الجيل الثاني» نظرًا إلى أنها تكوّنت من مادة صادرةٍ من نجوم سابقة. وقد اكتشف العُلماءُ أن الكواكبَ «الغازيّة» المؤلَّفة بشكل رئيسي من ذرّات الهيدروجين والهليوم، مثل المشتري، هي النوع الوحيد من الكواكب التي يمكن أن تتكوّن حول نُجوم الجيل الأول. من جهةٍ أخرى، لا تتكوّن الكواكبُ المؤلَّفة من الصخر الصلب والمعدن، مثل الأرض، إلاّ حول نجوم من الجيل الثاني مثل الشمس!



في الانفجار العظيم لم تظهر سوى الذرّاتُ الأكثرُ بساطة، أي ذرّات الهيدروجين والهليوم، بينما تشكّلت الذرّاتُ الأكثر تعقيدًا في المستعِراتِ الفائقة. ولهذه العملية أهميةٌ كبرى بالنسبة لنا، إذ أن شمسَنا نشأت من غيمةٍ مؤلّفةٍ من هذه الذرات المعقّدة.

1 ينفجر النجم.

2 تشتّت مادّته في جميع الإتجاهات.



يمكن للنجوم النيوترونية أن تدورَ حول مِحورها أكثر من 600 مرّة في الثانية. ويدور بعضُها حول نجوم عاديّة، فيجذب بفضل جاذبيّته الهائلة المادّةَ التي تؤلّفُ النجمَ العادي حتى «يبتلعها» بكاملها.

بعد زوال الأرض تمامًا، سوف تبقى الشمسُ بشكل نَجْمٍ عملاق أحمر لمدة بليوني سنة إضافيّة. بعد ذلك، سوف تنفجر الشمس دون أن تشكّلَ مستعرًا فائقًا، بل سوف تتحوّل إلى قَزَمٍ أبيض يشع لبلايين السنين قبل أن تنخفض حرارته تدريجيًا ويصبح نجمًا عملاقًا أسود.

[illegible] يتشكّلُ سديمٌ غازي يحتوي على عناصر أكثر تعقيدًا.

4 تحتوي النجوم التي تنشأ من هذه الغيوم السديميّة على عناصر معقّدة تشكلت في نجوم قديمة.

5 تسمح هذه العناصر المعقّدة بتكوين كواكب صلبة، مثل الأرض.

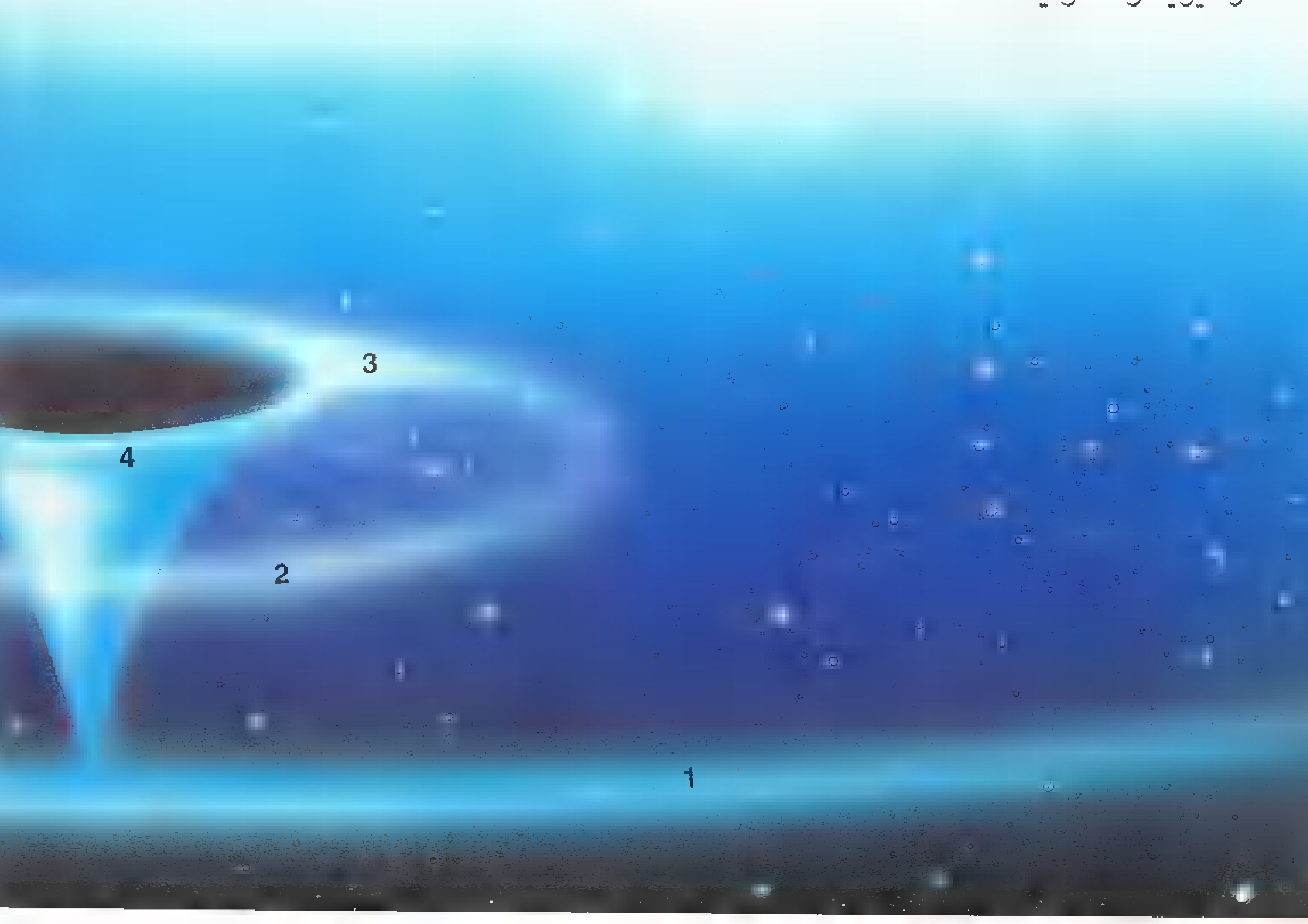
الثقوب السوداء الغامضة

رأينا فيما سبق أنه بعد انفجار مستعرٍ فائق يبقى قسمٌ من مادّته في الفضاء، وهذه المادةُ المتبقيّةُ قد تؤدّي إلى تكوُّنِ نجمٍ نيوتروني أو ثقبٍ أسود. ولكن، ما هو الثقب الأسود؟

من المعلوم أن الجاذبيّةَ هي القُوّةُ التي تجعلُ الأجسام تجذب بعضها بعضًا. وقد اكتشف العلماء أنه من الصعب جدًا مقاومة الجاذبية التثاقلية للأجسام الصغيرة الحجم والكبيرة الكتلة. فعلى سبيل المثال، لا يفلت من الجاذبية التثاقليّة للنجوم النيوترونية سوى الموجات الراديوية والضوئيّة فقط.

لكن الثقوبَ السوداءَ أصغرُ حجمًا من النجوم النيوترونية، ما يزيد إلى حدٍّ بعيد من جاذبيتها التثاقليّة. إنّ جاذبيةَ هذه الثقوب هائلةٌ بحيث أنه لا يُمكنُ لأيِّ شيءٍ يدخل في حَقْلِ جاذبيّتها أن يظهرَ من جديد، حتى الضوء نفسه. ولذلك تُسمَّى «الثقوب السوداء».

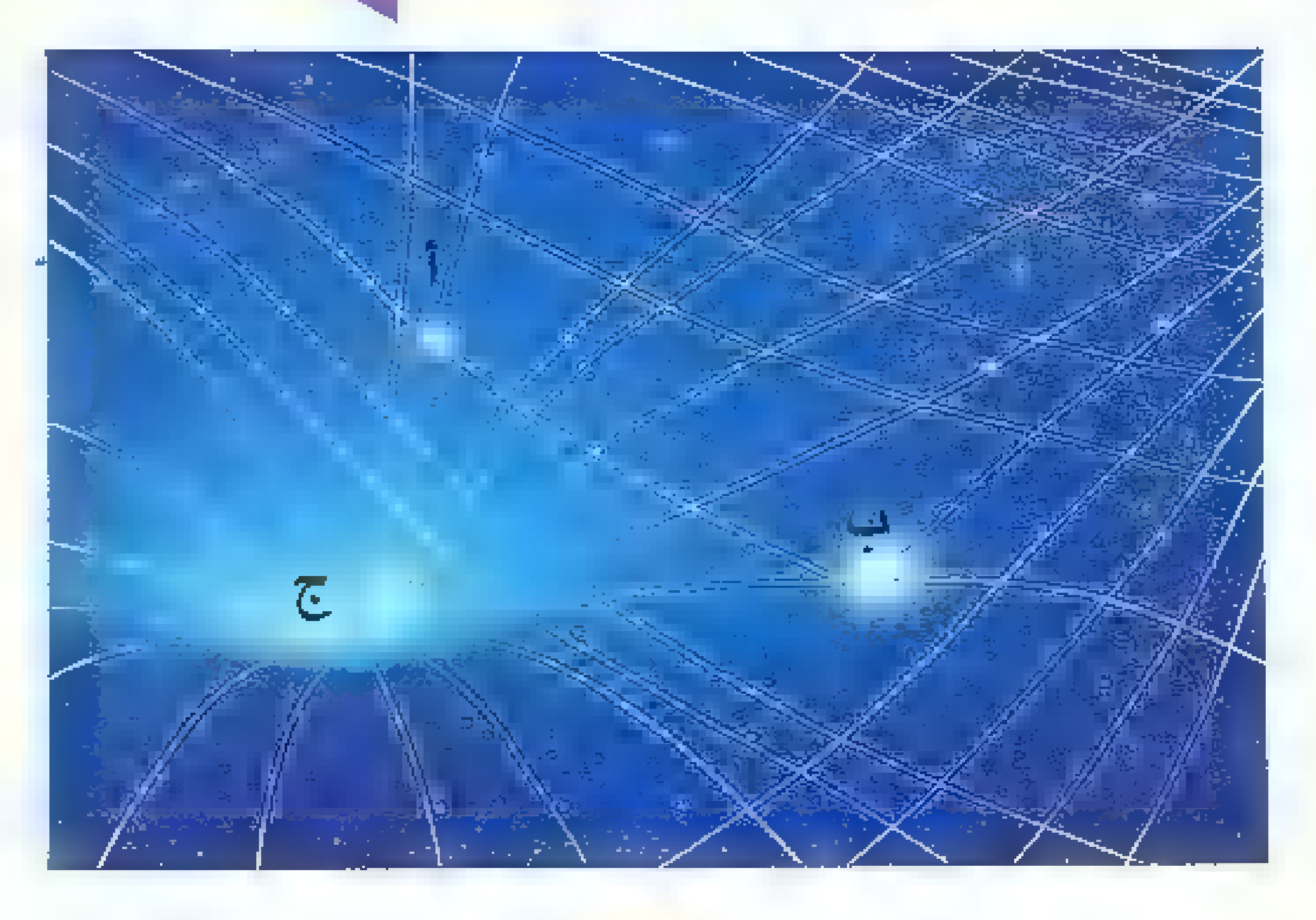
ويعتقد العلماء اليوم بإمكانية وجود ثُقوبٍ سوداء في مراكز جميع المجرّات.



عندما يَنفجِرُ نجمٌ كبيرٌ جدًا، تنضغِطُ بقاياه بشدّة وقد تتركّز هذه البقايا في حيِّزٍ صغيرٍ جدًا فتُشكِّلُ بذلك ثقبًا أسود. إلاّ أن الثقب الأسود لا يدوم إلى ما لانهاية، وقد أظهر العالِم الشهير «ستيفن هوكنغ» أن الثقوب السوداء يمكن أن تتبخّرَ ببطءٍ شديد مع مرور الزمن وتتحوّلَ إلى غاز.

1 بعد انفجار النجم، يزداد تركيز البقايا بالتدريج.

عندما يكونُ الثُّقبُ الأسود واقعًا بجوار نجم، يجذب الثقب قسمًا من مادة النجم إلى مركزه. بعد ذلك، تبدأ هذه المادة بالدوران حول نفسها فتُشكّل لولبًا يُطلِق أشعة سينيّة (أشعة X) يُمكن للفلكيين اكتشافها. وذلك في الواقع هو كلُّ ما نستطيع «رؤيته» من الثقب الأسود، إذ أنه «غير مرئيّ» من الناحية المنطقية.



في ما يلي رسم بياني يقارن قوّة حقول جاذبية نجم مثل الشمس (أ) ونجم نيوتروني (ب) وثقب أسود (ج). ونلاحظ أن التجاذب التثاقلي للثقب الأسود أقوى بكثير من جاذبية الشمس أو النجم النيوتروني.



2 أخيرًا، تصبح المادة المركّزة كثيفة لدرجة أن قوة جاذبيتها تزيد بشكل هائل.

3 تصبح قوة الجاذبية كبيرة لدرجة أنها تخلق «ثقبًا» يبتلع كل ما يدخل في مجاله.

4 لا يفلت شيء من هذا الثقب حتى الضوء نفسه، ما يعطيه اسم الثقب الأسود.

دَرب التبَّانة

تتجمَّعُ النجومُ في الفضاء في مجرّات. فما هي المجرَّةُ التي تنتمي إليها شمسُنا؟ عندما تنظرُ إلى سماءِ الليلِ المرصَّعةِ بالنجوم، يُمكنك رُؤيَةَ ذَيلٍ ضاربٍ إلى البياض يعبر السماء من جهة إلى جهة. إنها مجرَّتُنا، درب التبَّانة. وقد اكتشف العلماء أن مجرَّتَنا تتألَّفُ من عددٍ هائلٍ من النجومِ المنتشرةِ في الفضاء على شكل قُرصٍ مسطَّح لا نرى منه سوى جزءًا من حافته.

ولمجرَّةِ دَرْبِ التبانةِ شكلٌ لولبيّ، وتقعُ شمسُنا بقرب الحافة الداخلية لإحدى أذرُعها. والحقيقةُ أن الشمسَ نجمٌ «عاديٌّ» جدًا في درب التبّانة، فمجرّتنا تحتوي على مئة بليون نجم آخر تقريبًا.

ومثلما تدورُ كواكبُ النظام الشمسي حول الشمس، تدورُ النجومُ أيضًا بسرعةٍ كبيرةٍ حول مركز المجرَّة، وقد أدّت هذه الحركةُ الدورانيّة إلى تَسْطيح دَرْبِ التبانةِ وإعطائها شكلَ القرص.



يتركّز القسم الأكبر من المادة التي تشكّل درب التبّانة داخل قرصِ المجرّةِ الرئيسيّ وفي أذرُعها اللولبيّة.

1 تدور مجرّة درب التبّانة حول نفسها حاملةً معها النظام الشمسي بسرعة تقارب 900000 كيلومتر بالساعة!

2 تحتاج درب التبّانة إلى 200 مليون سنة تقريبًا لإنجاز دورة كاملة حول نفسها.

ما هي النيازك؟ في الأسبوع الثاني من شهر آب من كل سنة، يُمكنك رؤيةُ وابلٍ من النَيازك في السماء. والحقيقة أن هذه النيازك هي جُسَيْماتٌ من الغبار تأتي من ذيلِ مذنَّبٍ وتدخل في غلافنا الجوّي. وعندما تلامس هذه الجُسَيْمات الهواء، ترتفع درجة حرارتها، فتتبخَّر بعد أن تضيء لجزء من الثانية.



ومن الخطأ التصوُّر أننا في مركز المجرَّة. فالشمسُ تقعُ في الحقيقة قرب حافة القرص، على إحدى الأذرع اللولبيّة، وعلى بعد 30000 سنة ضوئيّة من مركز درب التبانة.

تقعُ كوكبةُ القَوْس والرامي في المنطقة المركزيّة من درب التبّانة.

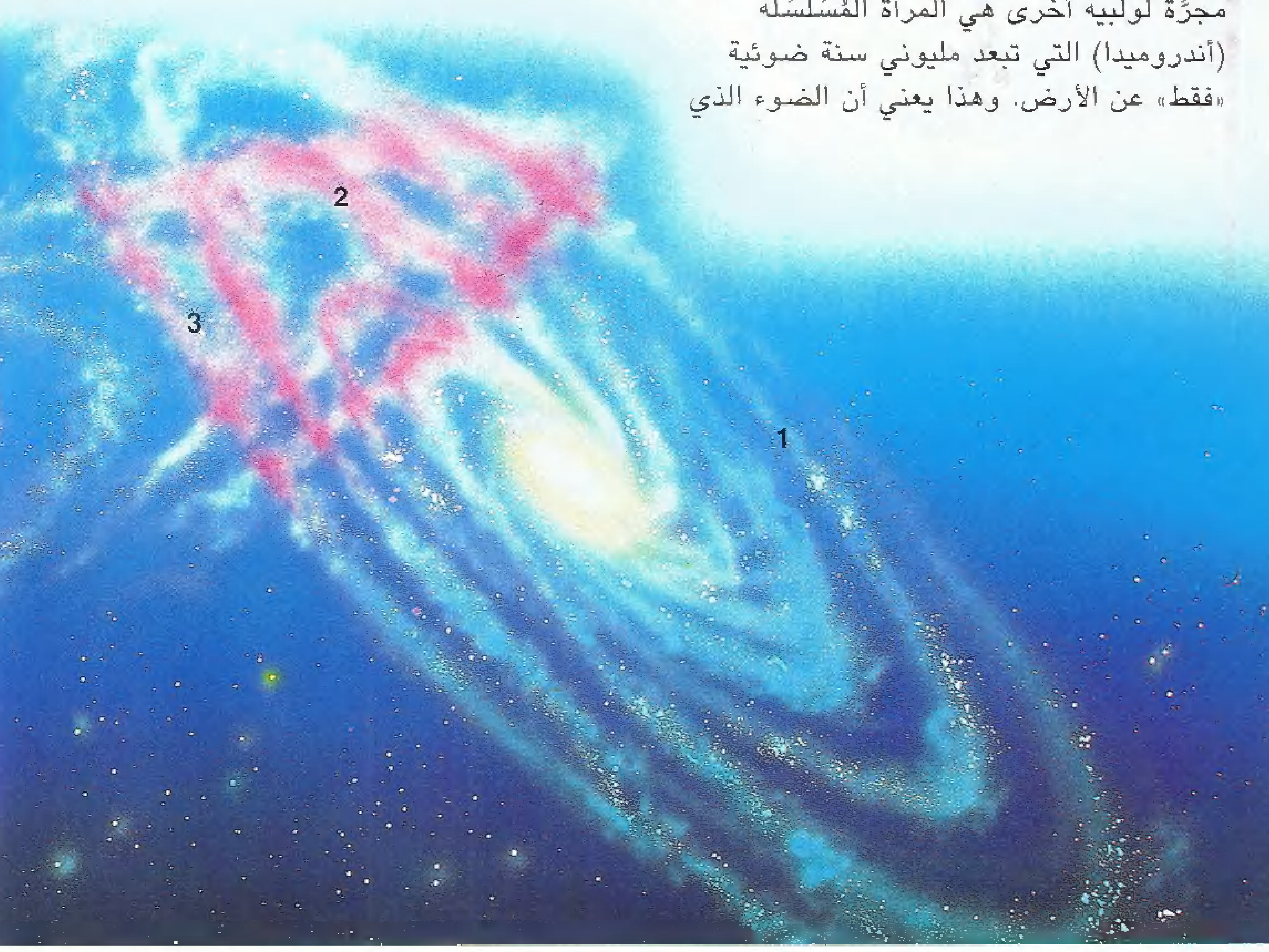
3 يبلغ قطر درب التبّانة عند أقصى عرض نحو 100000 سنة ضوئية.

المجرّات

مثلما تتجمّعُ النجوم في مجرّات، تتجمّع المجرّات في حُشود أو تكتُّلات. وعندما تنظر إلى السماء، يمكنك رؤيةُ نِقاطٍ من الضوء شبيهةٍ بالنجوم هي في الحقيقة مجرّاتٍ أو حشودٍ من المجرّاتِ البعيدة.

يُمكن مراقبةُ أقرب مجرّتين إلينا من نصف الكرة الجنوبي، وهما «سحابة ماجلاّن الكبرى (على بعد 160000 سنة ضوئية)، و «سحابة ماجلاّن» الصغرى. ونجد أبعد بقليل من هاتين المجرّتين مجرّة لولبية أخرى هي المرأة المُسَلْسَلة (أندروميدا) التي تبعد مليوني سنة ضوئية «فقط» عن الأرض. وهذا يعني أن الضوء الذي يصلُ الآن إلى أعيُننا من تلك المجرة قد بدأ رحلته منذ أكثر من مليونَي سنة.

من الصعب جدًا تصوُّرُ حجم الكون. وتشكّل كلٌّ من درب التبّانة وسَحابتا ماجلاّن والمرأة المسلسَلة وحوالي 30 مجرة أخرى حشدًا من المجرّات تعرَف بالمجموعة المحليّة. لكن هذه المجموعةَ تعتبَرُ صغيرةَ الحجمِ نسبيًا إذا ما قارنّاها بمجموعة العذراء التي تحتوي على ألف مجرّة.



وقد تلتقي مجرّتان أثناء رحلتهما في الفضاء. لكن، بالرغم من العدد الهائل من النجوم الموجودة في كل مجرّة، نادرًا ما تصطدم النجوم ببعضها، وذلك لأنها تبعد تريليونات الكيلومترات بعضها عن البعض.

1 تمرُّ نجومُ المجرّات المختلفة بجانب بعضها بعضًا، لكنها لا تصطدم فيما بينها إلاّ نادرًا جدًا.

يعتقدُ بعضُ الفلكيّين أن الثقوب السوداء تحتلّ مراكز جميع المجرّات، فتمتصّ المادّة النجمية من طرف المجرّة وتقذِفُها إلى الطرف الآخر.





هذه المجرّة الغريبة الشكل (يسار) هي مجرّة القبّعة.

لمعظم المجرّاتِ شكلٌ لولبيّ، ونواةٌ كُرويّة في مركزها، وأذرع لولبيّة مؤلّفة من نجوم وغازات. وثمة مجرّاتٌ إهليلجيّة الشكل، شبيهةٌ بكُرةٍ مفلطحةٍ عند القطبين.



2 لكنّ الغيوم الغازيّة الضخمة التي تمتد بين النجوم تصطدم بعضها ببعض.

3 ترتفع حرارة الغيوم نتيجة لتصادم ذرّاتها، فتبطىء سيرها وتتخلّف وراء المجرّات. يمكن أن تؤدّي هذه العمليّة في نهاية الأمر إلى تجريد المجرّة اللولبية من جميع غازاتها الحرّة.

فهرس

اندماج نووي nuclear fusion: تصادم ذرات الهيدروجين وارتباطها بحيث تنتج الهليوم.

الانفجار العظيم Big Bang: مصطلح يطلقه بعض العلماء على الانفجار الكبير الذي يعتقدون أنه شكّل كوكب الأرض.

الثقب الأسود black hole: جسم شديد الكثافة والتركيز يتشكّل عقب انفجار نجم كبير. ونظرا لشدة تركيزه فإن قوة جاذبيته كبيرة للغاية وتحول دون خروج الضوء منه.

الجاذبية gravity: القوة التي تجعل الأجرام تتجاذب كالشمس وكواكبها.

ذرة atom: أدقّ جُسَيْمات العناصر الكيميائية.

الريح الشمسية solar wind: تدفُّق مستديم للجُسَيْمات الخارجة من سطح الشمس. تبلغ سرعته حوالي 500 كلم في الثانية.

سديم nebula: سحابة ضخمة مؤلفة من الغبار والغازات.

سنة ضوئية light year: وحدة خاصة تستخدم لقياس المسافات الفضائية. وهي المسافة التي يعبرها الضوء خلال سنة. تبلغ سرعة الضوء 300000 كلم في الثانية.

الشفق القطبي الشمالي aurora borealis: ضوء لامع ينجم عن دخول جُسَيْمات الريح الشمسية إلى فضاء المناطق القطبية.

عملاق أحمر red giant: نجم ضخم يبلغ قطره حوالي 640 مليون كيلومتر.

مجرّة galaxy: تجمّع لعدد من النجوم والغازات وذرّات الغبار.

مستعرٌ فائق supernova: النجم العملاق الأحمر عندما ينفجر.

نجم أوّلي protostar: مواد متراكمة تشكّل عند تركّزها غازات داخل غيمة سديمية. تحترق عند ارتفاع درجة حرارتها الداخلية وتتحول إلى نجم.

نجم نيوتروني neutron star: نجم صغير للغاية يتشكل عقب انفجار نجم عملاق إلا أنه يحتفظ بجزء كبير من كتلته ولكن بشكل مضغوط.

الهالة corona: الغلاف الجوي الأعلى للشمس.

هليوم helium: غاز خفيف الوزن يدخل في تركيبة النجوم ويتشكّل عند التحام ذرات الهيدروجين.

هيدروجين hydrogen: غاز يتميّز ببساطة تركيبته وخفة وزنه بالمقارنة مع العناصر الأخرى.

المحتويات

كيف تتكوّن

النجوم والمجرّات

ISBN 9953-3-0105-0



سلسلة «علوم الأرض والفضاء» مجموعةٌ من الكتب تتناول ظواهر التحوُّل المتواصل الذي تخضع له الأرض والفضاء. فتُبيِّن، مستعينة بالرسوم الملوَّنة، التغيُّر الذي يصاحِب تبدُّل فصول السنة وتكوُّن البراكين والزلازل وحياة النجوم وأصل الكوْن. كما تتتبَّع تشكُّل العواصِف وتدخل إلى قلب الذرَّة.

يتسنى للقارىء أن يتتبع كل مراحل حياة النجم دون صعوبة، بدءًا من ولادته وانتهاءً بموته، بفضل سهولة نص الكتاب وبساطة أسلوبه، فضلاً عن الصور والرسوم الرائعة التي تزينه. وتضم صفحات الكتاب مواضيع شيّقة للغاية مثل المستعرات الفائقة والثقوب السوداء وأسباب نشوئها.